

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
ESCOLA PAULISTA DE POLÍTICA, ECONOMIA E NEGÓCIOS**

MILENA DE OLIVEIRA VALE

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE SEGURO AUTO POPULAR NA
CIDADE DE SÃO PAULO: ABORDAGEM POR MEIO DO MÉTODO
DE SIMULAÇÕES DE MONTE CARLO**

Osasco

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
ESCOLA PAULISTA DE POLÍTICA, ECONOMIA E NEGÓCIOS

MILENA DE OLIVEIRA VALE

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE SEGURO AUTO POPULAR NA CIDADE DE SÃO
PAULO: ABORDAGEM POR MEIO DO MÉTODO DE SIMULAÇÕES DE MONTE
CARLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de São Paulo como
requisito para aprovação no curso de Bacharelado
em Ciências Atuariais.

Orientador: Prof. Ms. Luiz Augusto Finger França Maluf

Osasco

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Unifesp Osasco
e Departamento de Tecnologia da Informação Unifesp Osasco,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V149a VALE, Milena de Oliveira

Análise de viabilidade de seguro auto popular na cidade de
São Paulo: abordagem por meio do método de simulações de
Monte Carlo / Milena de Oliveira Vale. - 2021.
65 f. :il.

Trabalho de conclusão de curso (Ciências Atuariais) -
Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Política,
Economia e Negócios, Osasco, 2021.

Orientador: Prof. Ms. Luiz Augusto Finger França Maluf.

1. Seguro auto popular. 2. Simulação de Monte Carlo. 3.
Distribuição de sinistros individuais. 4. Subprefeituras de São
Paulo. I. Maluf, Prof. Ms. Luiz Augusto Finger França, II. TCC -
Unifesp/EPPEN. III. Título.

CDD: 368.98161

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de estudar a dinâmica do sinistro individual convoluto nas subprefeituras de Pinheiros e Parelheiros, na cidade de São Paulo. A análise pode indicar a região com mais atratividade – com base na frequência e severidade individual de sinistros – para o oferecimento de Seguro Auto Popular por seguradoras. O *seguro auto popular* pode ser uma alternativa para a população com renda mais baixa e carros mais antigos, além de adquirir um seguro para o automóvel, além de contribuir com o desenvolvimento do mercado segurador. Para tanto, foi utilizada uma base de dados de cobertura de sinistros no país, por meio do sistema Autoseg da SUSEP, com dados semestrais de 2008 ao primeiro semestre de 2019. A base de dados em questão foi filtrada para conter apenas os registros pertencentes às subprefeituras estudadas e, a partir disso, a frequência e severidade de sinistro individual foram ajustadas com distribuições discretas e contínuas específicas, indicadas na bibliografia como adequadas aos dados de sinistro; tal ação foi realizada para sinistro do tipo roubo/furto, colisão com perda total ou parcial e outras coberturas, como assistência 24h. Após isso, realizou-se a convolução dos sinistros individuais por meio do método de Simulação de Monte Carlo para os dados obtidos de cada subprefeitura. Com a simulação, foi possível entender que, para sinistro de roubo/furto, a subprefeitura de Parelheiros apresenta cerca de 3 vezes mais chances de ocorrência de sinistro individual quando comparada à subprefeitura de Pinheiros, podendo ser uma consequência das condições socioeconômicas da região, ao passo que a severidade do sinistro individual em Pinheiros é cerca de 27% maior do que em Parelheiros, ocasionado, possivelmente, pelo maior poder aquisitivo médio em Pinheiros. Portanto, entende-se que o oferecimento do Seguro Auto Popular para automóveis da região da subprefeitura de Parelheiros pode ser desestimulado, principalmente, pelo maior número médio de ocorrências de sinistro por indivíduo na região.

Palavras-chave: Seguro Auto Popular; Simulação de Monte Carlo; Distribuição de sinistros individuais; Subprefeituras de São Paulo.

ABSTRACT

The present work aims to study the dynamics of the individual convoluted vehicles insurance claims for in the districts of Pinheiros and Parelheiros, in the city of São Paulo. The analysis may indicate the district with more attractiveness - based on the frequency and severity of individual claims - for the proposal of popular vehicle insurance by insurance companies. The popular vehicle insurance can be an alternative for the population with lower income and older vehicles, in addition to acquiring insurance for the vehicle, and contribute to the development of the insurance market. For this, a database of claims coverage in the Brazil was used through SUSEP's Autoseg system, with half-yearly data from 2008 to the first half of 2019. The database was filtered to contain only the records belonging to the districts studied and, from this, the frequency and severity of individual claims were adjusted with discrete and continuous specific distributions, indicated at the bibliography as appropriate to the claim data; such action was carried out for robbery and theft, collision with total or partial loss and other coverage, such as 24h assistance. After that, the convolution of individual claims was performed through the Monte Carlo Simulation method for the data obtained from each district. With the simulation, it was possible to understand that, for robbery and theft claims, the district of Parelheiros presents about 3 times more chances of individual claims when compared to the subprefecture of Pinheiros, which can be a consequence of the socioeconomic conditions of the region, while the severity of the average individual claim in Pinheiros is about 27% higher than an individual from Parelheiros, possibly caused by a higher average purchasing power of the the first. Therefore, it is understood that the proposal a popular vehicle insurance in the region of the Parelheiros may be discouraged, mainly, by the higher average number of individual claims in that district.

Keywords: Auto Popular Insurance, Monte Carlo Simulation, Distribution individual claims, São Paulo City Districts.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que não permitiu que eu perdesse as forças ao longo dos anos da graduação e me guiou contra todas as adversidades que enfrentei.

Agradeço aos meus pais e ao meu irmão, que me incentivaram, não me deixaram desistir e sempre me apoiaram e me ajudaram ao longo de toda a minha vida.

Agradeço ao André, por nunca ter soltado a minha mão, por sempre estar ao meu lado, me ajudado nas mais diversas situações e torcendo pela minha felicidade.

Agradeço às amigas que a Unifesp me presenteou, por tanto amor, alegrias e tristezas compartilhadas durante a graduação.

Agradeço aos meus professores, em especial ao Luiz Augusto Maluf, por acreditar em mim, em minhas ideias e me ajudar a desenvolver meu lado profissional, de pesquisa e, sobretudo, meu lado humano.

SUMÁRIO

1. O PROBLEMA	8
1.1 Introdução	8
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo Geral	9
1.2.2 Objetivos específicos.....	9
1.3 Hipóteses.....	10
1.4 Relevância.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 O seguro e o risco	12
2.2. Frequência de Sinistros	14
2.3. Severidade de Sinistros	15
2.3. Sinistro Agregado	15
2.4. Hipóteses sobre as variáveis aleatórias frequência e severidade no contexto de sinistro coletivo.....	16
2.5. Prêmio Puro Agregado.....	16
2.6 Seguro Auto Popular.....	17
2.7 Subprefeituras da Cidade de São Paulo	19
3.1. Base de dados.....	21
3.2. Tratamentos de dados	23
3.3. Distribuições de Ajuste aos dados	24
3.3.1 Frequências de Sinistro	24
3.3.2. Severidade de Sinistro.....	25
3.3. Medidas de Bondade de Ajuste	28
3.4. Simulação de Monte Carlo	29
4. RESULTADOS	31
4.1. Ajuste para frequência de sinistro.....	31
4.2. Ajuste para Severidade de sinistro.....	39
4.3. Simulação de Monte Carlo	48
4.4. Prêmio Puro Individual	56
5. CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo 1, Pinheiros.....	46
Figura 2: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo 1, Parelheiros.....	46
Figura 3: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo 23, Pinheiros, 2019A.....	46
Figura 4: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo23, Parelheiros, 2019A.....	46
Figura 5: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo 9, Pinheiros, 2019A.....	46
Figura 6: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo9, Parelheiros, 2019A.....	46
Figura 7: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 1 Simulados, Pinheiros, 2019A.....	54
Figura 8: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 1 Simulados, Parelheiros, 2019A.....	54
Figura 9: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 23 Simulados, Pinheiros, 2019A.....	54
Figura 10: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 23 Simulados, Parelheiros, 2019A.....	54
Figura 11: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 9 Simulados, Pinheiros, 2019A.....	55
Figura 12: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 9 Simulados, Parelheiros, 2019A.....	55
Figura 13: Trajetória do valor esperado do sinistro individual tipo 1 (em R\$), por subprefeitura.	58
Figura 14: Trajetória do valor esperado do sinistro individual tipo 23 (em R\$), por subprefeitura.	58
Figura 15: Trajetória do valor esperado do sinistro individual tipo 9 (em R\$), por subprefeitura.	59

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: IDH-M Geral e por componente, por subprefeitura.	19
Tabela 2: Indicadores de renda, por subprefeitura.	20
Tabela 3: Parâmetros estimados de frequência do sinistro individual tipo 1, por semestre e subprefeitura.	32
Tabela 4: Parâmetros estimados de frequência do sinistro individual tipo 23, por semestre e por subprefeitura.	33
Tabela 5: Parâmetros estimados de frequência do sinistro individual tipo 9, por semestre e por subprefeitura.	34
Tabela 6: BIC estimados de frequência do sinistro individual tipo 1, por semestre e por subprefeitura.	35
Tabela 7: BIC estimados de frequência do sinistro individual tipo 23, por semestre e por subprefeitura.	36
Tabela 8: BIC estimados de frequência do sinistro individual tipo 9, por semestre e por subprefeitura.	37
Tabela 9: Frequência média estimada de sinistro por indivíduo, por subprefeitura e tipo de sinistro.	38
Tabela 10: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 1 de Pinheiros, por semestre.	40
Tabela 11: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 1 de Parelheiros, por semestre.	41
Tabela 12: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 23 de Pinheiros, por semestre.	42
Tabela 13: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 23 de Parelheiros, por semestre.	43
Tabela 14: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 9 de Pinheiros, por semestre.	44
Tabela 15: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 9 de Parelheiros, por semestre.	45
Tabela 16: Distribuições escolhidas a partir do critério de menor BIC para Pinheiros.	47
Tabela 17: Distribuições escolhidas a partir do critério de menor BIC para Parelheiros.	48
Tabela 18: Valores de percentis do sinistro convoluto individual do tipo 1 (em R\$), por subprefeitura.	49
Tabela 19: Valores de percentis do sinistro convoluto individual do tipo 23 (em R\$), por subprefeitura.	50
Tabela 20: Valores de percentis do sinistro convoluto individual do tipo 9 (em R\$), por subprefeitura.	51
Tabela 21: Valores médios e os respectivos quantis da Subprefeitura de Pinheiros, por tipo de sinistro individual.	52
Tabela 22: Valores médios e os respectivos quantis da Subprefeitura de Parelheiros, por tipo de sinistro individual.	53
Tabela 23: Valores médios estimados das severidades a partir dos parâmetros estimados das distribuições, por semestre, tipo de sinistro e subprefeitura.	56
Tabela 24: Prêmio Puro Individual (em R\$), por subprefeitura, por semestre e tipo de sinistro individual.	57

1. O PROBLEMA

1.1 Introdução

O mercado automobilístico no Brasil tem importante influência no mercado de consumo do país. Desde 1990, a expansão de produção e comercialização de veículos, impulsionado principalmente por investimentos estrangeiros, deu uma nova característica econômica ao país. Segundo dados estatísticos de 2018 da *Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*, o mundo produziu quase 96 milhões de veículos, sendo cerca de 70 milhões de automóveis. Nesse ranking, o Brasil se encontrava em oitava posição, com mais de 2,8 milhões de veículos produzidos, sendo 2,3 milhões de automóveis, em 2018.

De acordo com dados, também de 2018, da Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores - FENABRAVE, os emplacamentos de veículos novos, de qualquer categoria, somaram mais de 3,6 milhões, com 2,4 milhões de automóveis emplacados. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE de 2018, a frota total de veículos no Brasil era de pouco mais de 100 milhões, sendo a frota de automóveis cerca de 54,7 milhões, representando 54,3% de toda a frota veicular brasileira. Além disso, em 2018, o setor automotivo “[...] *representou cerca de 5% do produto interno bruto (PIB) brasileiro e respondeu por pouco mais de 20% do PIB da indústria de transformação*” (DAUDT, 2018, p. 185).

Com esses números pode-se perceber que o setor de automóveis é expressivo e representa uma boa parcela da economia do país, além de representar um bem com muita adesão e demanda por parte da população. Com isso em vista, são necessárias medidas de proteção ao patrimônio, como é o caso do Seguro Automóvel.

Entretanto, segundo dados de 2018 da Confederação Nacional das Seguradoras - CNSEG, apenas 30% da frota de veículos está segurada, entre muitos fatores, pelo valor pago como prêmio de seguro, principalmente de veículos mais velhos. Isso significa que grande parte dos veículos que circulam no Brasil não terá indenização em caso de algum tipo de perda, não considerando o Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres - DPVAT, de caráter obrigatório.

A partir disso, o mercado segurador tem uma grande chance de ainda impulsionar sua expansão, de forma a oferecer serviços personalizados e com valores mais baixos aos veículos, atraindo a atenção dos consumidores que ainda não possuem seguro em seus veículos.

Em uma cidade como São Paulo, cuja frota de automóveis, em 2017, era de 17.719.258, segundo dados do IBGE, há a necessidade de proteção contra danos e problemas que poderiam colocar em risco esse patrimônio. Levando isso em consideração, o seguro automotivo tem, também, relevância e compromete certa proporção da renda da população e dos gastos com o veículo da população paulistana.

Nesse sentido, se faz necessário entender o contexto de seguros, suas definições e aplicações. O Código Civil de 2002, no art. 757, define o contrato de seguro como aquele em que o segurador, mediante o pagamento de prêmio, se obriga a garantir algum interesse legítimo, podendo ser uma coisa - um automóvel, por exemplo - ou pessoa, relativo ao segurado, de algum risco predeterminado, que possa ser medido e mensurado. Dessa maneira, o seguro se torna um garantidor da tranquilidade sobre o patrimônio do segurado, contra riscos iminentes ao bem.

Como já dito, apenas 30% da frota de veículos no Brasil é segurada, principalmente pelos prêmios de pagamento, muitas vezes, não acessíveis. Dessa forma, uma nova modalidade foi idealizada pelo mercado segurador e pela Superintendência de Seguros Privados (SUSEP): o Seguro Auto Popular, que será o foco deste trabalho.

Sendo assim, deseja-se responder a seguinte questão: há diferença na viabilidade da comercialização de Seguro Auto Popular, a partir da estimação de sinistro e de prêmio puro individuais, por meio do método de Simulação de Monte Carlo, nas subprefeituras de Pinheiros e Parelheiros na cidade de São Paulo?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do estudo se concentra no entendimento da viabilidade de oferecimento de Seguro Auto Popular por dois bairros com rendas e características distintas na cidade de São Paulo, a partir da estimação do sinistro e prêmio puro médio individuais, por meio do Método de Simulação de Monte Carlo, implementado e analisado via o software estatístico R.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar os números e dados do mercado segurador, principalmente no que se refere ao seguro auto, suas características e oportunidades;

- Realizar revisão dos dados das subprefeituras da cidade de São Paulo com as maiores diferenças no tocante da renda e outros índices;
- Apresentar o conceito e arcabouço legal do mercado de Seguro Auto Popular no Brasil;
- Estimar e entender diferentes distribuições, discretas e contínuas, para ajuste de frequência e severidade de sinistros;
- Estimar, por método de estimação de Monte Carlo, os sinistros e prêmios puros médios individuais para os bairros escolhidos;
- Entender e analisar a viabilidade da oferta, por parte de uma companhia seguradora, de Seguro Auto Popular para a população dos bairros.

1.3 Hipóteses

A partir da problemática levantada, espera-se, a partir da estimação dos dados e análise dos resultados encontrados, que haja apontamentos para um maior índice de sinistros e prêmio puro médio individuais para a subprefeitura de Pinheiros, uma vez que apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) alto, levando a um poder de compra, incluindo a de veículos, e renda média maiores quando comparado a subprefeitura de Parelheiros. Entretanto, espera-se que a relação “prêmio puro *versus* sinistro” para a região de Parelheiros se apresenta como vantajosa, no tocante à viabilidade, a fim de significar uma possibilidade de oferta de serviços de seguros para a região.

Entretanto, é importante lembrar que será feito um estudo exploratório, de modo a adentrar no assunto, a partir da modelagem e análise experimental de dados passados, com a finalidade de extrair informações que possam ajudar na decisão de uma possível oferta. Dessa forma, pode haver a possibilidade de não cumprimento da hipótese preliminar.

1.4 Relevância

A relevância desse estudo se encontra na forma como um mercado tradicional, como o segurador, pode ser inclusivo e oferecer proteção a todos, de forma personalizada, principalmente frente a desigualdade enfrentada no Brasil e, no caso deste estudo, na cidade de São Paulo, principalmente entre os bairros. Entretanto, é importante salientar que o equilíbrio do mercado e o lucro ainda deve existir, por tanto, o estudo se faz importante também no contexto de estimação do prêmio puro do Seguro Auto Popular, a ponto de ser viável, também, para a seguradora.

A partir de dados passados de veículos expostos e sinistrados, será possível inferir, após a análise dos resultados obtidos, o número de sinistros individuais e o prêmio puro médio

individual, de forma a entender, se a condição “prêmio puro *versus* sinistro” representa uma vantagem mercadológica à seguradora nos bairros estudados, além de significar mais uma metodologia de cálculo e análise de precificação e risco, por método de Monte Carlo, se aplicável.

Além disso, como será explicado mais adiante, grande parte da frota de automóveis brasileira não é segurada; para atração dessa oportunidade, é importante a análise da viabilidade do oferecimento de um seguro auto popular, de forma a incentivar a adesão de mais segurados. Portanto, há relevância para o mercado segurador e para a academia, por conta da discussão acerca do tema e de possibilitar novos estudos na área, além de fortalecer a regulação e ampliação da comercialização de Seguro Auto Popular, de forma a difundir sua utilização e promover ainda mais crescimento ao mercado segurador brasileiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O seguro e o risco

O risco sempre esteve presente na vida do ser humano e diversas foram as tentativas de assegurar, de alguma forma, que os prejuízos fossem minimizados. Com contribuições desde a pré-História e Grécia antiga, além da contribuição do Império Romano no tocante de organizações funerárias e mutualidade de pagamentos, o desenvolvimento do seguro se deu paralelamente ao desenvolvimento da cultura econômica do ser humano. Segundo Azevedo (2008), o primeiro contrato de seguro foi celebrado em 1347, em Gênova, ligado a navegação mercantil. Em 1385, em Piza, há o registro da primeira apólice. Além disso, era muito comum - e a partir daí o desenvolvimento - do seguro marítimo, principalmente por ser uma época caracterizada pelas Grandes Navegações pela Europa.

As primeiras sociedades de seguros, segundo Azevedo (2018), foram criadas na Inglaterra, durante a Revolução Industrial. Nos anos que se seguiram, diversos matemáticos e estudiosos desenvolveram técnicas de cálculo para o novo mercado de seguros que vinha surgindo, como o auxílio dos avanços nos estudos estatísticos de Pascal.

No Brasil, a história do seguro se inicia com a chegada da Família Real Portuguesa em território brasileiro, em 1808, momento em que o desenvolvimento econômico e produtivo, da então colônia, decolou. Neste ano, foi criada a primeira companhia seguradora, Boa-Fé, voltada ao seguro marítimo. No decorrer dos anos do desenvolvimento brasileiro, diversas outras companhias foram criadas e estrangeiras aqui se instalaram, agora não apenas para seguro marítimo, como também para outros ramos. Em 1939, foi criado o Instituto de Resseguros do Brasil e, em 1966, o Conselho Nacional de Seguros Privados - CNSP e a Superintendência de Seguros Privados - SUSEP, órgãos de fiscalização e controle da comercialização de seguros. (AZEVEDO, 2018)

Sendo assim, o seguro pode ser entendido como *“um plano ou dispositivo social que combina os riscos de indivíduos de um grupo, utilizando fundos contribuídos pelos membros desse grupo para pagar pelas perdas”*. (ALTHEARN, 1981, p. 95 *apud* AZEVEDO, 2018).

Além disso, segundo Souza (2007, p. 23), seguros se caracterizam como *“[...] uma operação que toma forma jurídica de um contrato, em que uma das partes (segurador) se obriga para com a outra (segurado ou beneficiário), mediante recebimento de uma importância estipulada, a compensá-la por um prejuízo, resultante de um evento futuro, possível e incerto [...]”*

A partir dessa definição e a de Azevedo (2018), os seguros apresentam alguns elementos básicos, que devem estar presentes para caracterização de contratos de seguros, sendo eles:

- Bilateralidade: as duas partes assumem responsabilidades; o segurador tem a obrigação de indenizar o segurado caso haja alguma perda patrimonial, desde que o segurado pague o prêmio correspondente ao risco da perda;

- Onerosidade: ambas as partes do contrato têm ônus e vantagens econômicas;

- Aleatoriedade: no contrato de seguro há a dependência do acontecimento de um evento, em outras palavras, o risco, que seja futuro e incerto;

- Formalidade: o contrato deve ser formal e materializado em uma apólice ou bilhete de seguro;

- Boa fé: o segurado deve ser honesto e apresentar suas informações básicas com fidedignidade, ao passo que a seguradora deve mensurar os riscos de forma justa, honesta e apresentar as informações de forma clara para o entendimento do segurado.

Como citado anteriormente, o segurado, ao adquirir um seguro, paga uma quantia anteriormente estipulada ao segurador; essa quantia é o prêmio. O prêmio pode ser puro, comercial ou bruto.

O prêmio puro é o valor suficiente para pagar sinistros (caso ocorram) e as despesas decorrente disso. O prêmio comercial é o efetivamente cobrado pela seguradora, sendo o prêmio puro acrescido de carregamentos referentes às despesas de corretagem, aquisição e gestão da seguradora. Por fim, o prêmio bruto é o prêmio comercial acrescido de impostos e encargos, sendo esse o valor pago pelo segurado na contratação do seguro.

O mercado de seguros é dividido em alguns grupos, sendo patrimonial, riscos especiais, responsabilidade, cascos, automóvel, transportes, riscos financeiros, crédito e pessoas, além de outros, como habitacional e rural.

O seguro automóvel é um dos principais produtos securitários comercializados no Brasil, com cerca de R\$ 24 bilhões em prêmios emitidos, em 2019, segundo dados da SUSEP. Dessa forma, esse trabalho terá o foco nessa modalidade de seguro. Por isso, será interessante entender suas principais características.

O seguro automóvel é uma modalidade cuja função é proteger veículos terrestres e com propulsão motora (FENSEG, 2019). O seguro automóvel apresenta, principalmente, cobertura para o casco do veículo, que pode ser abrangente ou básica. O seguro automóvel foi instituído pela Circular SUSEP Nº 269/2004, contendo, além das principais disposições e características do seguro, as possibilidades de combinação de coberturas facultativas. Há dois tipos de seguro

para automóvel, sendo eles Valor Determinado e Valor de Mercado Referenciado, podendo ser comercializados sozinhos ou combinados.

A cobertura abrangente se caracteriza por ser mais completa, garantindo “[...] indenização para danos parciais ou totais, causados ao veículo, resultantes de colisão, incêndio, explosão, roubo e furto do veículo segurado. ” (FENSEG, 2019, p. 03). A cobertura básica, como dito, é uma variação da cobertura principal de casco, compreendendo riscos de raio, incêndio, explosão e furto ou roubo, de forma mais simples quando comparada à cobertura abrangente. Além disso, o seguro auto dispõe de coberturas adicionais, como Responsabilidade Civil Facultativa e Acidentes Pessoais de Passageiros. Há ainda outras garantias que podem ser oferecidas pelas empresas seguradoras, como cobertura de Assistência 24h, acessórios, equipamentos, blindagem, entre outros.

É importante lembrar, que, como já falado, o seguro tem a função de assegurar algo que tenha substancial valor para o segurado, seja um bem material ou imaterial. Dessa forma, quando uma perda ao segurado, chamado de sinistro, de acordo com o acordo feito com a empresa seguradora, uma indenização deve ser paga, de forma a suprir o prejuízo obtido com a perda.

Partindo desse ponto, é importante entender a configuração de um sinistro, principalmente no tocante do seguro de automóveis. Sinistro é a ocorrência do risco, previsto em apólice, que causa algum prejuízo contra o bem segurado; a partir dessa ocorrência, de acordo com as coberturas contratadas e condições gerais do seguro, a seguradora se obriga a realizar o pagamento de indenização, conforme previamente acordada entre as partes.

2.2. Frequência de Sinistros

Para entender a dinâmica dos seguros, é importante a conceituação da frequência e severidade de Sinistros, conceitos que são utilizados para a estimação e mensuração da probabilidade e, conseqüentemente, da precificação de um seguro de automóvel. As duas grandezas serão utilizadas para o estudo da simulação de sinistro individual desse trabalho.

Segundo Pacheco (2014), a frequência de sinistros é uma variável aleatória discreta e não negativa, sendo definida como:

$$N = 0, 1, 2, \dots, n \in \mathbb{N}$$

Além disso, Pacheco (2014) ainda define a distribuição de probabilidade da frequência de sinistros como:

$$p_k = \Pr(N = k), k \in \mathbb{N} \quad (1)$$

2.3. Severidade de Sinistros

Para a severidade de sinistros, uma variável aleatória, contínua e não negativa, Pacheco (2014) que pode ser definida como:

$$X_i = X_1, X_2, \dots, X_N$$

Além disso, Pacheco (2014) aponta que as severidades de sinistro, nesse caso, são assumidas como independentes entre si e distribuídas identicamente.

Dessa forma, a severidade do sinistro é uma variável aleatória contínua, com função densidade de probabilidade $f_X(x)$ e função distribuição de probabilidade acumulada $F_X(x)$, definido como:

$$F_X(x) = \Pr(X \leq x), \quad x \geq 0 \quad (2)$$

Para compreender ainda mais, é interessante definir, conforme Pacheco (2014), a partir da função de distribuição de probabilidade cumulativa $F_X(x)$ e da função densidade de probabilidade $f_X(x)$, a função de probabilidade de excesso de dano:

$$\bar{F}_X(x) = 1 - F_X(x) = \Pr(X > x), x \geq 0 \quad (3)$$

Segundo Pacheco (2014, p. 28), a função de excesso de dano se faz importante “[...] em Teoria do Risco Coletivo porque representa a probabilidade de o dano provocado por um sinistro ultrapassar um determinado valor pré estabelecido x ”. Ou seja, a importância da função de excesso de dano está no entendimento do valor do prejuízo para uma seguradora, caso uma carteira de sinistros ultrapasse um valor predeterminado, que pode ser, por exemplo, o valor médio de sinistros.

2.3. Sinistro Agregado

A partir das definições de frequência e severidade de sinistro, é possível apresentar o sinistro agregado, definido por Pacheco (2014) como:

$$S = \begin{cases} 0, & \text{para } N = 0 \\ \sum_{i=1}^N X_i, & \text{para } N > 0 \end{cases} \quad (4)$$

A partir da formulação apresentada, S representa, em determinado período de tempo, a severidade de um sinistro agregado para uma variável aleatória de frequência individuais de sinistro; ou seja, S é condicionada a frequência de sinistros N e a severidade de cada X individual do sinistro, ambas variáveis aleatórias apresentadas anteriormente. Sendo assim, o objetivo geral de tal agregação é “[...] a modelagem matemática do comportamento probabilístico de S no tempo.” (PACHECO, 2014, p. 30).

A partir da variável S , sendo condicionada a frequência e severidade de sinistro, é possível a definição da convolução de sinistros agregados, sendo, portanto, assim definido:

$$G_S(s) = P(S \leq s) \quad (5)$$

Com a conceituação matemática da Distribuição Convoluta de Sinistros Agregados, será possível, por exemplo, o estudo da estimativa de sinistro agregado e o valor de prêmio puro agregado para cobertura do sinistro agregado estimado.

2.4. Hipóteses sobre as variáveis aleatórias frequência e severidade no contexto de sinistro coletivo

É importante, para entender as variáveis aleatórias de frequência e severidade de sinistro, apresentar algumas hipóteses sob as quais está pautado a teoria de risco coletivo. São elas:

- i) X_i é *i. i. d.*: O i -ésimo valor de severidade é uma variável aleatória independente ($X_i \perp X_j$) e identicamente distribuída;
- ii) $X_i \perp N$: O i -ésimo valor de severidade é independente do número total de ocorrências do sinistro;
- iii) Ocorre no máximo um sinistro por indivíduo segurado.

2.5. Prêmio Puro Agregado

Segundo Pacheco (2014), o ideal – para equilíbrio da seguradora e oferecimento de um valor justo ao segurado – é que o prêmio puro agregado seja suficiente para cobrir e compensar o valor do sinistro agregado esperado, acrescido de uma margem de segurança e, além disso, uma margem de custos operacionais e lucros da seguradora.

A partir da formulação Distribuição Convoluta de Sinistros Agregados é possível definir a estimativa de melhor sinistro agregado como sendo a esperança matemática do sinistro agregado, conforme abaixo:

$$E(S) = \int_0^{\infty} u g_S(u) du \quad (6)$$

Para o prêmio puro agregado – definido como P – desconsiderando o carregamento de despesas e a margem de lucro da seguradora, tem-se, segundo Pacheco (2014):

$$P = G_S^{-1}(1 - \alpha) \quad (7)$$

Na equação acima, α indica a probabilidade do Sinistro Agregado S assumir um valor acima do prêmio puro agregado. Além disso, é importante entender que $G_S^{-1}(1 - \alpha)$ é o quantil da distribuição $G_S(s)$ para a probabilidade $(1 - \alpha)$. Ou seja, probabilidade de que o sinistro agregado $S \in S$ seja menor ou igual a G_S^{-1} é de $(1 - \alpha)$.

Para complementar a definição do prêmio puro, Pacheco (2014) ainda indica a formulação da margem de segurança – em função de possíveis oscilações de risco, por exemplo – como sendo:

$$\theta = \frac{P - E(S)}{E(S)} \quad (8)$$

Em que θ é a margem de segurança. Resolvendo (8) para P , tem-se:

$$P = E(S)(1 + \theta) \quad (9)$$

Caso $\theta = 0$, tem-se:

$$P = E(S) \quad (10)$$

Ou seja, na essência, o valor de Prêmio Puro Agregado P pode ser definido como a esperança matemática do Sinistro. Nesse caso, “[...] ignora-se completamente a possibilidade de desvios adversos significativos de sinistro agregado, limitando-se o prêmio agregado ao valor esperado de sinistro agregado.” (PACHECO, 2014, p. 201).

Ferreira (2002) apresenta a mesma definição apontada por Pacheco (2014), sendo o prêmio igual a esperança matemática do valor de indenizações de seguros da carteira, mas denomina de *Prêmio de Risco*. Ambas as denominações estão corretas, mas, para esse estudo, será utilizado o termo *Prêmio Puro*.

2.6 Seguro Auto Popular

O Seguro Auto Popular foi criado em 2005, por meio da Resolução SUSEP nº 306/2005, revogado pela Resolução CNSP nº 336/2016, com o intuito de oferecer seguros mais “baratos” aos consumidores, de forma a impulsionar o mercado segurador e compreender veículos até

então não são segurados. De acordo com a resolução nº 306/2005, é um seguro destinado a veículos usados e prevê 3 coberturas básicas, que podem ser oferecidas sozinhas ou em conjunto, sendo elas:

- a) BÁSICA I – Garantia Compreensiva A (indenização integral por incêndio, queda de raio, explosão, colisão, roubo ou furto) e responsabilidade civil – danos materiais (RC-DM);
- b) BÁSICA II – Garantia Compreensiva B (indenização integral por incêndio, queda de raio, explosão, roubo ou furto) e responsabilidade civil – danos materiais (RC-DM);
- c) BÁSICA III – responsabilidade civil – danos materiais (RC-DM).

Além disso, é permitido, ainda, o oferecimento de coberturas adicionais na modalidade de Seguro Auto Popular.

Em 2016, a referida Resolução foi revogada e entrou em vigência a Resolução CNSP nº 336, com acréscimo da permissão da utilização peças usadas, entendida como uma peça original, proveniente de empresas de desmontagem, conforme legislação específica, a lei 12.977, de 2014. Além disso, foi incluído o artigo que permite, à seguradora, possibilidade de fixar uma idade mínima ao veículo segurado. Importante citar que a resolução não define uma idade mínima do veículo (que pode ser determinada pela seguradora), mas determina que deve ser especificado, na apólice, que poderão ser utilizadas peças usadas.

Segundo a referida Resolução sobre Seguro Auto Popular, a cobertura principal do seguro, deve compreender, pelo menos, indenização de danos causados por colisão, não podendo, entretanto, ser a única cobertura oferecida. Além disso, a resolução apontava para a possibilidade do uso de oficinas de livre escolha ou da rede referenciada para reparação de danos parciais.

A resolução CNSP nº 336/2016 foi alterada pela resolução CNSP nº 354/2017, com delimitações acerca da possibilidade de ofertas de seguro apenas com a opção de oficinas da rede referenciada, além de permitir a fixação de idade mínima dos veículos, bem como o uso de peças provenientes de desmanche automotivo. Até 2019, três seguradoras comercializam o Seguro Auto Popular, seguindo o ramo 0526 da SUSEP, com prêmio emitido total, em 2019, próximo de R\$ 15 milhões e cerca de R\$ 3,4 milhões em sinistros pagos.

Quando comparado ao seguro auto “convencional”, a diferença principal “[...] *está na possibilidade de, em caso de danos parciais, poderem ser utilizadas peças de reposição usadas oriundas de desmontagem, desde que observada a legislação específica.* ” (FENSEG, 2019, p. 11).

2.7 Subprefeituras da Cidade de São Paulo

Para entender os índices por subprefeitura da cidade de São Paulo, é importante entender o conceito de Índice de Desenvolvimento Humano - IDH. Segundo Gonçalves (2017, p. 171), o IDH tem “[...] *caráter universal e pretende ser uma medida geral e sintética do desenvolvimento humano de países ou regiões*”. Dessa maneira, é uma forma de medir o desenvolvimento de todos os países do mundo, além de considerar, por exemplo, o PIB *per capita*. No âmbito do município de São Paulo, há o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM, que é composto de três indicadores: longevidade, educação e renda.

A partir desse ponto, o Informe Urbano nº 29/2017 da Prefeitura de São Paulo explica que “[...] *as três dimensões têm o mesmo peso, as médias são geométricas, e as faixas de desenvolvimento humano são fixas, sendo: baixo desenvolvimento humano, menor que 0,550; médio, entre 0,550 e 0,699; alto, entre 0,700 e 0,799; muito alto, acima de 0,800*” (SÃO PAULO, 2017, p. 01).

Como é sabido, São Paulo é uma cidade bastante heterogênea, com muitas diferenças entre seus distritos, sendo por divisão de renda como geograficamente. Sendo assim, será utilizado a divisão administrativa de São Paulo, composta por 32 subprefeituras, contendo entre 2 e 5 distritos em cada subprefeitura. Dessa maneira, será possível ter maior granularidade do estudo e análises posteriores.

Para esse estudo, foram escolhidas duas subprefeituras: Pinheiros, englobando os distritos de Pinheiros, Alto de Pinheiros, Jardim Paulista e Itaim Bibi, e a subprefeitura de Parelheiros, compreendendo os distritos de Parelheiros e Marsilac.

De acordo com dados do IDH-M da cidade de São Paulo de 2010, os números de IDH-M das subprefeituras selecionadas foram os expostos na tabela a seguir.

Tabela 1: IDH-M Geral e por componente, por subprefeitura.

Subprefeitura	IDH-M Geral	IDH-M Renda	IDH-M Longevidade	IDH-M Educação
Pinheiros	0,942	1,000	0,946	0,885
Parelheiros	0,680	0,664	0,776	0,610

Fonte: Elaborada pela autora, com base em dados do IDH-M da Cidade de São Paulo.

A subprefeitura de Pinheiros é uma das 32 subprefeituras da capital de São Paulo e engloba os distritos de Pinheiros, Alto de Pinheiros, Jardim Paulista e Itaim Bibi. Segundo o

Movimento Nossa São Paulo, a subprefeitura de Pinheiros registrava renda mensal média de R\$ 2.636,00 em 2006, uma das mais altas de toda a capital (SÃO PAULO, 2009).

Em 2010, de acordo com dados da Prefeitura de São Paulo, a subprefeitura de Pinheiros tinha uma população de cerca de 290 mil habitantes, com um IDH-M de 0,942, considerado muito alto. De acordo com os dados do Atlas do desenvolvimento humano no Brasil, o que mais contribui para esse índice é a renda, com índice próximo a 1,000. (PNUD, 2013)

Sobre renda, cerca de 69% da população do bairro, com mais de 18 anos, é economicamente ativa, e cerca de 44% dos ocupados têm renda média de até 5 salários mínimos; ou seja, grande parte da população ocupada no distrito tem renda média maior que 5 salários mínimos. Além disso, de acordo com dados da Prefeitura de São Paulo, a partir do Censo de 2010, na subprefeitura de Pinheiros haviam cerca 2 mil domicílios com renda de até meio salário mínimo *per capita*, o que representava cerca de 1,7% do número de domicílios total. (SÃO PAULO, 2017)

A subprefeitura de Parelheiros, situada no extremo sul de São Paulo, engloba os distritos de Parelheiros e Marsilac. Em 2006, de acordo com Movimento Nossa São Paulo, a subprefeitura de Parelheiros tinha renda média mensal de R\$ 772,00, sendo o menor índice da capital paulista. (SÃO PAULO, 2009)

Em 2010, a subprefeitura concentrava cerca de 139 mil habitantes, com IDH-M de 0,680. No tocante a renda, cerca de 12 mil domicílios tinham, em 2010, renda de até meio salário mínimo *per capita*, representando cerca de 30,6% de todos os domicílios da subprefeitura.

É importante notar que ambos as subprefeituras têm número expressivo de habitantes. Entretanto, não foi possível identificar a frota de veículos dos distritos. A partir disso, tem-se os seguintes números, divididos por bairro de cada subprefeitura.

Tabela 2: Indicadores de renda, por subprefeitura.

Subprefeitura	Distrito	Renda média <i>per capita</i>	Domicílios com renda média de até 1/2 SM
Pinheiros	Pinheiros	R\$ 3.727,36	9,17%
	Jardim Paulista	R\$ 4.706,67	9,01%
	Itaim Bibi	R\$ 4.134,27	8,56%
	Alto de Pinheiros	R\$ 3.984,34	7,16%
Parelheiros	Parelheiros	R\$ 404,18	36,08%
	Marsilac	R\$ 347,37	41,56%

Fonte: Elaborada pela autora, com base em SÃO PAULO, 2009.

3. METODOLOGIA

O trabalho de pesquisa realizado terá caráter exploratório, de forma experimental, de modo a entender a ocorrência de sinistros agregados, bem como prêmio médio puro, de duas regiões da cidade de São Paulo e conseguir tratar algum tipo de viabilidade entre essas duas variáveis, para a comercialização de um Seguro Auto Popular. A pesquisa terá, ainda, caráter probabilístico, com escolha da base de dados de estudos de acordo com a região de ocorrência de sinistro escolhida para a pesquisa.

O universo da pesquisa está nos indivíduos que tiveram algum tipo de sinistro, do tipo “casco”, ocorridos na região da subprefeitura de Pinheiros e Parelheiros, ambas na cidade de São Paulo, bem como os índices econômicos e sociais dessas regiões. Nesta pesquisa, será feito o estudo dos ajustes das variáveis em diferentes distribuições de probabilidade, com posterior escolha da distribuição a partir do melhor ajustamento, para, por fim, realizar o estudo dos sinistros individuais e cálculo do prêmio puro médio individual, para ambas as regiões supramencionadas.

3.1. Base de dados

A base de dados selecionados para o estudo será baseada nos dados disponibilizados no *site* da SUSEP, no Sistema de Estatísticas de Automóveis da SUSEP, denominado AUTOSEG. Nela, encontram-se dados dos automóveis de todo o Brasil, com possibilidade de filtros; além disso, compreende dados do segundo semestre de 2007 ao segundo semestre de 2018, disponibilizados semestralmente. Segundo o próprio *site*, “o Sistema fornece informações sobre número de veículos expostos, prêmio médio, importância segurada média, número de sinistros e valor de indenizações, classificadas de acordo com categoria, modelo e ano do veículo, região ou CEP de circulação, e perfil do segurado” (SUSEP, 2020, p. 1).

O banco de dados da AUTOSEG é dividido em tabelas principais e tabelas auxiliares, descritas a seguir:

Tabelas Principais:

- **arq_casco_comp:** contém dados de exposição, prêmios, sinistros e importância segurada para a cobertura CASCO, classificados pela chave Categoria Tarifária/Região/Modelo/Ano/Sexo/Faixa Etária;
- **arq_casco3_comp:** contém dados de exposição, prêmios e sinistros para a cobertura CASCO, classificados pela chave Categoria Tarifária/CEP/Modelo/Ano;

- `arq_casco4_comp`: contém dados de exposição, prêmios e sinistros para a cobertura CASCO, classificados pela chave Categoria Tarifária/Cidade/Modelo/Ano.

Para o estudo, será utilizada a tabela “`arq_casco3_comp`”, que contém a variável de CEP dos indivíduos segurados.

Tabelas Auxiliares:

- `auto2_grupo`: código e descrição dos grupos de modelos;
- `auto_cat`: código de descrição de categorias tarifárias;
- `auto_cau`: código e descrição de causas de sinistros;
- `auto_cep`: correlaciona o CEP com cidades e regiões de circulação;
- `auto_cob`: código e descrição de coberturas;
- `auto_idade`: código e descrição de faixas etárias;
- `auto_reg`: código e descrição de regiões de circulação;
- `auto_sexo`: código e descrição de sexo (masculino, feminino, jurídico)

As variáveis disponíveis no banco de dados utilizado para estudo, “`arq_casco3_comp`”, são as seguintes:

- `COD_TARIFA`: Identificação do tipo de modelo.
- `REGIÃO`: Identificação da região de origem no Brasil, seguindo uma lista de regiões pré-definidas.
- `COD_MODELO`: Identificação do código do modelo, seguindo classificações da Tabela FIPE.
- `ANO_MODELO`: Ano de fabricação do veículo.
- `CEP`: Identificação do CEP de origem.
- `EXPOSICAO`: Quantidade de veículos expostos. Esse conceito leva em conta o período que a apólice esteve vigente, dentro de cada semestre de atualização da AUTOSEG. Desta forma, o número de expostos, apurado para um período anual, representa o melhor estimador disponível para a quantidade de veículos segurados.
- `PREMIO`: Soma dos valores de prêmios, ponderados pela exposição da apólice
- `FREQ_SIN1`: Quantidade de sinistros da cobertura roubo/furto
- `INDENIZ1`: Total de indenizações de sinistros da cobertura roubo/furto
- `FREQ_SIN23`: Quantidade de sinistros da cobertura colisão (parcial ou perda total)
- `INDENIZ23`: Total de indenizações de sinistros da cobertura colisão (parcial ou perda total)

- FREQ_SIN4: Quantidade de sinistros da cobertura incêndio
- INDENIZ4: Total de indenizações de sinistros da cobertura incêndio
- FREQ_SIN9: Quantidade de sinistros de outras coberturas, como assistência 24 hs, etc
- INDENIZ9: Total de indenizações de sinistros de outras coberturas, como assistência 24 hs, etc

3.2. Tratamentos de dados

Antes de iniciar a modelagem de frequência e severidade dos sinistros, é necessário fazer o tratamento dos dados. Para tanto, foram utilizados alguns passos para padronização dos dados que serão descritos a seguir.

Foram utilizados todos os dados disponíveis, de 2008 a 2019. As bases de dados, a cada semestre, foram filtradas de modo a permanecer apenas os indivíduos classificados na Região Metropolitana de São Paulo; de acordo com a tabela de códigos fornecido pela própria SUSEP, essa característica é obtida quando o campo REGIÃO = 11. Após isso, há uma redução significativamente grande no tamanho da base, que inicialmente representava o Brasil por completo.

A base de dados, então, foi dividida em duas grandes bases: uma representando indivíduos domiciliados em bairros da Subprefeitura de Pinheiros e outra, em bairros da Subprefeitura de Parelheiros. Essa segregação foi possível graças à variável CEP, que contém os 5 primeiros dígitos do CEP do indivíduo. Uma base auxiliar foi criada, contendo os CEP's de ruas dos bairros pertencentes às subprefeituras citadas, de forma a representar o critério de filtro para a base mencionada.

Como dito anteriormente, a base de dados apresenta 4 tipos de frequência de sinistro, com seus respectivos valores de indenização. Dessa forma, foram subdivididas, então, em outras 4 bases de dados, sendo elas referente a frequência e indenização do sinistro tipo 1, sinistro tipo 23, sinistro tipo 4 e sinistro tipo 9. Essa divisão possibilita as análises de forma separada e entender o impacto que cada uma pode causar separadamente. Ao final do processo de segregação das bases de dados, haviam 4 bases por subprefeitura (Pinheiros e Parelheiros), divididas entre os semestres disponíveis de dados.

Após toda a separação, foi realizado um processo de “quebra” de linhas e seus respectivos valores (obtidos a partir de média aritmética simples), onde o valor de frequência (de cada tipo de sinistro já apresentado) fosse maior do que 1, de forma a simplificar e definir melhor a frequência de ocorrência para cada segurado. De forma ilustrada, caso a frequência de sinistro tipo 1 fosse igual a 3 e o valor monetário da indenização desse mesmo tipo de sinistro,

igual a R\$ 150,00, o registro é, então, dividido em 3 linhas, com frequência igual a 1 e indenização igual a R\$ 50,00 em cada uma das linhas.

3.3. Distribuições de Ajuste aos dados

3.3.1 Frequências de Sinistro

Para a modelagem da frequência de sinistro, que representa a quantidade de sinistros de uma determinada carteira, representada, então, por uma variável aleatória discreta, foram utilizadas duas distribuições de probabilidade, que serão brevemente explicitadas a seguir.

Distribuição de Poisson

Segundo Pacheco (2014), a Distribuição de Poisson demonstra a probabilidade de que um número N de ocorrências de um dado evento após n repetições seja igual a k , em determinado período de tempo, τ . A distribuição de Poisson é útil na modelagem de frequência de eventos com baixa probabilidade de ocorrência, mas com um grande número de experimentos (PACHECO, 2014). Assumindo uma análise estática, tal que $\tau = 1$, sua função de probabilidade é a seguinte:

$$p_k = Pr(N = k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}, \lambda > 0, \quad k = 1, \dots, n, n \in \mathbb{N}. \quad (11)$$

E sua função geradora de momentos é dada pela equação (12):

$$M_N(t) = e^{\lambda(\exp(t))} e^{-\lambda} \quad (12)$$

Sua Esperança Matemática e Variância são definidas como o próprio parâmetro λ :

$$E(N) = Var(N) = \lambda \quad (13)$$

O parâmetro λ , também chamado de intensidade da distribuição de Poisson, pode ser entendido como a frequência esperada de sinistros em determinado tempo. Ou seja, é o valor médio da distribuição de Poisson. Além disso, a distribuição de Poisson pressupõe que a probabilidade de ocorrência de sinistros não varia ao longo do tempo. (PACHECO, 2014)

Distribuição Binomial Negativa

Segundo Pacheco (2014, p. 52), a Distribuição Binomial Negativa apresenta a “[...] probabilidade de k sucessos até se atingir o r -ésimo insucesso, sendo que os experimentos são independentes e com probabilidade fixa de sucesso p em cada experimento” após n repetições.

A Distribuição Binomial Negativa é uma Distribuição de Poisson, com intensidade sendo uma variável aleatória com distribuição Gamma.

Geralmente, a Distribuição Binomial Negativa se adequa melhor às carteiras de seguros que apresentam frequências de sinistros com variância maior que a esperança (média). Em comparação à Distribuição de Poisson, a Distribuição Binomial Negativa consegue captar oscilações sazonais, o que a deixa em posição de destaque para a estimação de frequência de sinistros. (PACHECO, 2014)

Sua função de probabilidade é a seguinte:

$$p_k = Pr(N = k) = \binom{k+r-1}{k} p^k (1-p)^r, \quad (14)$$

$$k = 1, \dots, n, \quad r, k \in \mathbb{N}$$

E sua média é definida por

$$E(N) = \frac{rp}{1-p} \quad (15)$$

A variância pode ser assim definida

$$Var(N) = \frac{rp}{(1-p)^2} > E(N) \quad (16)$$

É interessante notar que, ao fazer a comparação entre as duas distribuições apresentadas para frequência, quando existe a mesma esperança matemática de frequência, temos que o modelo Poisson apresenta menor variância que o modelo Binomial Negativo. (PACHECO, 2014)

3.3.2. Severidade de Sinistro

Para a modelagem da severidade de sinistro, que representa o montante monetário pago em indenizações de sinistros de uma determinada carteira, representada, portanto, por uma variável aleatória contínua, foram utilizadas quatro distribuições de probabilidade, que serão brevemente apresentadas a seguir.

Distribuição Gamma Generalizada Triparamétrica

A Distribuição Gamma Generalizada Triparamétrica apresenta, a partir de casos especiais, outras três distribuições, sendo elas a Gamma, Weibull e Exponencial. Para esse

trabalho, foram utilizadas, derivadas da Gamma Generalizada, a Gamma e Weibull, descritas a seguir.

A Distribuição Gamma Generalizada Triparamétrica pode ser definida da seguinte maneira:

$$f_X(x) = \frac{\tau}{\beta^{\alpha\tau}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha\tau-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\tau}, \quad x, \alpha, \beta, \tau > 0, \quad (17)$$

em que: $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty u^{\alpha-1} e^{-u} du$

Gamma

A Distribuição Gamma (biparamétrica) é um caso particular da Distribuição Gamma Generalizada Triparamétrica, quando $\tau = 1$.

Diz que $X \sim \text{Gamma}(\alpha, \beta)$ se sua função densidade de probabilidade é definida por:

$$f_X(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, \quad x, \alpha, \beta > 0, \quad (18)$$

Sua função geratriz de momentos pode ser definida como:

$$E(X^k) = \left(\frac{\beta}{\beta-1}\right)^\alpha \quad (19)$$

Sua Esperança Matemática e Variância são, respectivamente:

$$E(X) = \alpha\beta \quad (20)$$

$$\text{Var}(X) = \alpha\beta^2 \quad (21)$$

O parâmetro α representa o parâmetro de forma e β , o parâmetro de escala.

Weibull

A Distribuição de Weibull (biparamétrica) é, também, um caso particular da Distribuição Gamma Generalizada Triparamétrica, quando $\alpha = 1$. É muito utilizada, e bem ajustada, a eventos que podem causar sinistros de grande magnitude. (PACHECO, 2014)

Diz-se que $X \sim \text{Weibull}(\alpha, \beta)$ se sua função densidade de probabilidade for definida por:

$$f_X(x) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}, \quad x > 0 \quad (22)$$

Sua função geratriz de momento é a seguinte:

$$E(X^k) = \beta^k \Gamma\left(\alpha + \frac{k}{\tau}\right), k > -\tau \quad (23)$$

Sua Esperança e Variância são, respectivamente:

$$E(X) = \beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (24)$$

$$Var(X) = \beta^2 \left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \left(\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right)^2 \right) \quad (25)$$

O parâmetro α representa o parâmetro de forma e β , o parâmetro de escala.

Distribuição Beta Generalizada Triparamétrica

Assim como a Distribuição Gamma Generalizada Triparamétrica, há também a Distribuição Beta Generalizada Triparamétrica, que apresenta, a partir de casos especiais, outras quatro distribuições, sendo elas a Pareto Generalizada, Pareto, Burr e Beta. Segundo Pacheco (2014), a Distribuição Beta Generalizada é ainda mais flexível na modelagem de severidade de sinistro. Para esse trabalho, foram utilizadas, derivadas da Beta Generalizada, a Distribuição de Pareto e de Burr.

A Distribuição Beta Generalizada Triparamétrica pode ser definida como:

$$f_X(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \tau)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\tau)} \frac{\gamma \left(\frac{x}{\theta}\right)^{\gamma\tau}}{x \left(1 + \left(\frac{x}{\theta}\right)^\gamma\right)^{\alpha+\tau}}, \alpha, \gamma, \tau > 0 \text{ e } x > 0 \quad (26)$$

Pareto

A Distribuição de Pareto é um caso particular da Distribuição Beta Generalizada triparamétrica, quando $\tau = \gamma = 1$.

Segundo Pacheco (2014), é uma distribuição que se ajusta bem a sinistros que ultrapassam certo valor de indenização e, por isso, é bastante utilizada na precificação de resseguros, além de performar bem na modelagem de sinistros de alta magnitude. Além disso, é uma distribuição com cauda pesada para sinistros de alta severidade

Se $X \sim \text{Pareto}(\alpha, \beta)$, sua função densidade de probabilidade é definida como:

$$f_X(x) = \frac{\alpha \beta^\alpha}{(x + \beta)^{\alpha+1}}, \alpha > 0 \text{ e } x > 0 \quad (27)$$

Sua função geratriz de momentos pode ser definida como:

$$E(X^k) = \frac{\beta^k \Gamma(k+1) \Gamma(\alpha-k)}{\Gamma(\alpha)} = \frac{\beta^k k!}{(\alpha-1) \dots (\alpha-k)}, -1 < k < \alpha \quad (28)$$

Sua Esperança e Variância são, respectivamente:

$$E(X) = \frac{\beta}{(\alpha-1)}, \alpha > 1 \quad (29)$$

$$Var(X) = \frac{2\beta^2}{(\alpha-1)(\alpha-2)} - \left(\frac{\beta}{(\alpha-1)} \right)^2, \alpha > 2 \quad (30)$$

O parâmetro α representa o parâmetro de forma e β , o parâmetro de escala.

Burr

A Distribuição de Burr é outro caso particular da Distribuição Beta Generalizada Tetra paramétrica, quando $\tau = 1$. Da mesma forma que a Distribuição de Pareto, a de Burr tem bom ajuste em situações onde o sinistro tenha ultrapassado certo valor de severidade elevado, de dimensões catastróficas e, também, muito utilizado por resseguradoras. (Pacheco, 2014)

Se $X \sim Burr(\alpha, \beta, \gamma)$, sua função densidade de probabilidade é a seguinte:

$$f_X(x) = \frac{\alpha \gamma \left(\frac{x}{\beta} \right)^\gamma}{x [1 + (x + \beta)^\gamma]^{\alpha+1}}, x > 0, \alpha > 0, \gamma > 0 \text{ e } \beta > 0 \quad (31)$$

Sua função geratriz de momentos pode ser definida por:

$$E(X^k) = \frac{\beta^k \Gamma\left(1 + \frac{k}{\gamma}\right) \Gamma\left(\alpha - \frac{k}{\gamma}\right)}{\Gamma(\alpha)} \quad (32)$$

Sua Esperança e Variância são, respectivamente:

$$E(X) = \frac{\beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) \Gamma\left(\alpha - \frac{1}{\gamma}\right)}{\Gamma(\alpha)} \quad (33)$$

$$Var(X) = \frac{\beta^2 \Gamma(1 + 2/\gamma) \Gamma(\alpha - 2/\gamma)}{\Gamma(\alpha)} - \left(\frac{\beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) \Gamma\left(\alpha - \frac{1}{\gamma}\right)}{\Gamma(\alpha)} \right)^2 \quad (34)$$

Os parâmetros α e γ representam os parâmetros de forma e β , o parâmetro de escala.

3.3. Medidas de Bondade de Ajuste

As Medidas de Bondade de Ajuste são utilizadas para avaliar o melhor modelo, mais adequado e “ajustado” à realidade dos dados. Segundo Parnaíba (2011, p. 39), “*são critérios*

que, essencialmente, penalizam a verossimilhança, utilizando o número de variáveis do modelo e, eventualmente, o tamanho da amostra. Essa penalização é feita subtraindo-se do valor da verossimilhança uma determinada quantidade do quão complexo é o modelo”.

Dessa forma, dois são os métodos de comparação de modelos mais utilizados: Critério de informação de Akaike (AIC) e Critério de informação bayesiano (BIC). Nesse estudo, os modelos serão avaliados pelo método do BIC.

O Critério de informação bayesiano (BIC) se caracteriza por:

$$BIC_p = -2 \log \log f(x_n | \theta) + p \log n \quad (35)$$

Em que p é o número de parâmetros a serem estimados, n é número de observações da amostra e $f(x_n | \theta)$ é o modelo escolhido para análise.

Como forma de utilização para comparação de modelos, o BIC será obtido e, quanto menor for, melhor e mais ajustado aos dados é o modelo. Portanto, o modelo mais ajustado é aquele que apresenta, em comparação com outros, as menores medidas de BIC.

3.4. Simulação de Monte Carlo

Para estimação da distribuição do sinistro individual, de forma convoluta, será estudado e utilizado uma aproximação por distribuição simulada, o Método de Simulação de Monte Carlo, descrito a seguir.

Segundo Pacheco (2014, p. 116), o Método de Simulação de Monte Carlo “[...] consiste em gerar inúmeras simulações da variável aleatória sinistro agregado para inferir a sua distribuição probabilística. ”

A partir disso, admitindo-se N como uma variável aleatória discreta, não negativa, que representa a frequência de sinistros e X como uma variável aleatória contínua, não negativa, representando a severidade de sinistros, pode-se chegar a função cumulativa de probabilidade, conforme Pacheco (2014) explica e será detalhado a seguir.

Para frequência:

$$p_n = Pr(N \leq n) = F_N(n) \quad (36)$$

Para severidade:

$$p_x = Pr(X \leq x) = F_X(x) \quad (37)$$

A partir disso, obtém-se as funções inversas das funções cumulativas de probabilidade, por exemplo:

$$p_n = P_r(N \leq n) = F_N(n) \Rightarrow n = F_N^{-1}(p_n) \quad (36)$$

$$p_x = P_r(X \leq n) = F_X(x) \Rightarrow x = F_X^{-1}(p_x) \quad (37)$$

Dessa forma, gera-se um número n , de modo que siga a função de distribuição selecionada; ao substituir p_n por um número aleatório entre $[0,1]$, irá se obter um número n_1 . Ao realizar a soma das n_1 simulações de severidade de sinistro, obtém-se um valor de sinistro.

$$s(n_1) = x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n_1} \quad (38)$$

O processo é repetido até a obtenção de um número elevado K de simulações de sinistros. Além disso, quanto mais simulações forem feitas, menor será a taxa de erro e mais próximo da realidade será o valor encontrado (PAULA, 2014).

Desse modo, o método de simulação de Monte Carlo, segundo Paula (2014), pode ser aplicado em diversas áreas de estudo, como finanças, com simulação do mercado de ações, biologia e medicina, além do mercado de seguros, com a simulação da ocorrência de sinistros agregados, por exemplo.

No presente estudo, foram realizadas 1.000.000 de simulações, considerando as melhores distribuições (a partir do critério do menor BIC) para cada tipo de sinistro, conforme será mostrado mais adiante.

É importante frisar que o modelo aqui apresentado é baseado na teoria de risco coletivo. Os conceitos e formulações são referentes ao risco coletivo, mas foram adaptados aos níveis de frequência e sinistro individuais, de modo a se obter diretamente uma estimativa para o prêmio puro do seguro de veículos para os indivíduos médios diferenciados por local de residência. Sendo assim, a variável aleatória frequência de sinistros, N , que na abordagem da teoria do risco coletivo corresponde ao número total de ocorrências de um dado sinistro para todos os segurados de uma carteira de uma seguradora, em nossa adaptação foi definida como o número total de ocorrências de um dado sinistro para um único indivíduo segurado. Desse modo, a variável aleatória S passa a corresponder ao valor do sinistro a ser coberto por uma seguradora, para um único segurado. Desse modo, das três hipóteses apresentadas no item 2.4 desse trabalho, são mantidas as duas primeiras:

- i) X_i é *i. i. d.*: O i -ésimo valor de severidade é uma variável aleatória independente ($X_i \perp X_j$) e identicamente distribuída;
- ii) $X_i \perp N$: O i -ésimo valor de severidade é independente do número total de ocorrências do sinistro;

A hipótese de ocorrência máxima de um sinistro por indivíduo segurado é relaxada em nessa abordagem.

4. RESULTADOS

Como dito anteriormente, para que fosse possível o cálculo do sinistro individual e, posteriormente, o cálculo do prêmio puro individual para as regiões de Pinheiros e Parelheiros, foi necessário o ajustamento dos parâmetros para frequência e severidade, separados por semestre e tipo de sinistro contido na base de dados, já descritos na sessão de metodologia.

Para estimação de frequência e severidade do sinistro individual, foi utilizada a função *fitdist*,¹ no software R, utilizando as respectivas distribuições explicadas na sessão de metodologia. A estimação foi feita seguindo as divisões da base de dados previamente apresentadas.

Para o Sinistro do Tipo 4 – Incêndio – não foi possível o ajustamento dos dados às distribuições para frequência e severidade de sinistro individual para a subprefeitura de Pinheiros e de Parelheiros, por conta da base de dados apresentar muitas ocorrências com frequência igual a zero, o que não possibilitou a convergência dos dados às distribuições. Decidiu-se, então, não seguir considerando os dados de sinistro Tipo 4, sendo, portanto, como uma limitação do estudo, que pode ser contornada em trabalhos posteriores.

Além disso, é interessante citar que há grande diferença entre o número de observações de sinistro individual da Subprefeitura de Pinheiros – em torno de 60 mil observações por semestre – e da Subprefeitura de Parelheiros – cerca de 2 mil observações por semestre. Isso pode indicar e influenciar os resultados e comparação entre as duas subprefeituras; mesmo assim, nesse trabalho, a comparação entre as duas subprefeituras a fim de entender o comportamento do sinistro individual será seguido.

4.1. Ajuste para frequência de sinistro

Serão apresentados, nas tabelas a seguir, os valores dos parâmetros estimados para frequência de sinistro individual de cada subprefeitura estudada, com a sinalização da distribuição de frequências utilizada.

¹ Documentação no R: <https://www.rdocumentation.org/packages/fitdistrplus/versions/1.1-3/topics/fitdist>

Tabela 3: Parâmetros estimados de frequência do sinistro individual tipo 1, por semestre e subprefeitura.

Semestre	Pinheiros			Parelheiros		
	Poisson	Binomial Negativa		Poisson	Binomial Negativa	
	Lambda	Mean	Size	Lambda	Mean	Size
2008A	0,00824	0,00823	0,104	0,0257	0,0257	0,346
2008B	0,00865	0,0086	0,108	0,0264	0,0264	0,496
2009A	0,00913	0,00839	0,13	0,0447	0,0448	404.337
2009B	0,00688	0,00689	0,31	0,0353	0,0353	14.572
2010A	0,00623	0,0062	0,154	0,232	0,0232	0,114
2010B	0,00576	0,00574	1,18	0,0328	0,0328	3,59
2011A	0,00525	0,00525	1,14	0,0167	0,0167	105.234
2011B	0,00419	0,00419	0,158	0,0339	0,0339	0,862
2012A	0,00407	0,00407	0,0619	0,00649	0,00649	0,0361
2012B	0,00392	0,00392	0,0776	0,00785	0,00785	39.133
2013A	0,00345	0,00345	0,0326	0,00603	0,00603	2.875
2013B	0,00571	0,00571	12.503	0,00571	0,00571	12.503
2014A	0,00525	0,00525	0,024	0,0104	0,0104	54.538
2014B	0,00521	0,00521	0,0327	0,00651	0,0065	0,0397
2015A	0,00497	0,00497	0,03	0,0112	0,0112	0,0518
2015B	0,00546	0,00546	0,0342	0,0123	0,0122	0,138
2016A	0,00420	0,00420	0,0291	0,0102	0,0102	0,0465
2016B	0,00382	0,00382	0,0296	0,0113	0,0113	0,141
2017A	0,00401	0,00401	0,0223	0,00803	0,008	0,0675
2017B	0,00318	0,00318	0,0279	0,0112	0,0112	0,0643
2018A	0,00295	0,00295	0,0296	0,00582	0,0058	20.920
2018B	0,00238	0,00238	0,0247	0,0169	0,0169	0,166
2019A	0,0025	0,0025	0,0173	0,00564	0,0056	0,0149

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 4: Parâmetros estimados de frequência do sinistro individual tipo 23, por semestre e por subprefeitura.

Semestre	Pinheiros			Parelheiros		
	Poisson	Binomial Negativa		Poisson	Binomial Negativa	
	Lambda	Mean	Size	Lambda	Mean	Size
2008A	0,037	0,037	0,509	0,026	0,026	0,346
2008B	0,036	0,036	0,332	0,026	0,026	0,496
2009A	0,044	0,044	0,418	0,045	0,045	404.337
2009B	0,038	0,038	0,495	0,023	0,023	14.319
2010A	0,038	0,038	0,296	0,023	0,023	0,114
2010B	0,035	0,035	0,274	0,033	0,033	3,590
2011A	0,037	0,037	0,362	0,035	0,035	0,298
2011B	0,036	0,036	0,270	0,034	0,034	0,862
2012A	0,036	0,036	0,174	0,029	0,029	0,582
2012B	0,034	0,034	0,156	0,020	0,020	0,638
2013A	0,039	0,039	0,111	0,035	0,035	1,430
2013B	0,036	0,036	0,117	0,031	0,031	13,600
2014A	0,038	0,038	0,130	0,032	0,032	0,178
2014B	0,037	0,037	0,151	0,023	0,023	1,090
2015A	0,040	0,040	0,162	0,038	0,038	0,304
2015B	0,040	0,040	0,148	0,032	0,032	0,256
2016A	0,028	0,028	0,197	0,023	0,229	14.319
2016B	0,028	0,028	0,244	0,025	0,025	43.867
2017A	0,028	0,028	0,216	0,020	0,020	0,080
2017B	0,026	0,026	0,219	0,019	0,019	0,128
2018A	0,025	0,025	0,156	0,031	0,031	0,245
2018B	0,021	0,021	0,163	0,017	0,017	0,166
2019A	0,022	0,022	0,155	0,017	0,017	0,513

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 5: Parâmetros estimados de frequência do sinistro individual tipo 9, por semestre e por subprefeitura.

Semestre	Pinheiros			Parelheiros		
	Poisson	Binomial Negativa		Poisson	Binomial Negativa	
	Lambda	Mean	Size	Lambda	Mean	Size
2008A	0,320	0,321	0,210	0,0257	0,257	0,368
2008B	0,319	0,319	0,201	0,026	0,026	0,459
2009A	0,317	0,317	0,189	0,048	0,048	404.358
2009B	0,304	0,304	0,184	0,028	0,028	14.315
2010A	0,355	0,355	0,198	0,025	0,025	0,118
2010B	0,357	0,357	0,187	0,044	0,044	3,780
2011A	0,323	0,323	0,174	0,048	0,048	0,300
2011B	0,341	0,341	0,177	0,036	0,036	0,912
2012A	0,332	0,332	0,155	0,013	0,134	0,085
2012B	0,337	0,337	0,198	0,142	0,142	0,111
2013A	0,325	0,325	0,192	0,131	0,131	0,099
2013B	0,303	0,303	0,188	0,145	0,145	0,086
2014A	0,294	0,294	0,172	0,146	0,146	0,087
2014B	0,322	0,322	0,193	0,136	0,136	0,079
2015A	0,315	0,315	0,199	0,157	0,157	0,101
2015B	0,492	0,492	0,268	0,181	0,181	0,145
2016A	0,334	0,334	0,240	0,156	0,156	0,112
2016B	0,331	0,331	0,220	0,151	0,151	0,122
2017A	0,320	0,320	0,233	0,130	0,130	0,099
2017B	0,343	0,343	0,328	0,178	0,178	0,179
2018A	0,305	0,305	0,339	0,160	0,160	0,189
2018B	0,284	0,284	0,345	0,133	0,133	0,173
2019A	0,247	0,247	0,307	0,108	0,108	0,167

Fonte: Elaborada pela autora.

A seguir, serão apresentados os valores de BIC estimados a partir dos ajustamentos de frequência, para cada subprefeitura. Nas próximas tabelas, serão destacados os menores valores de BIC para cada semestre, indicando, dessa forma, a distribuição mais ajustada aos dados.

Tabela 6: BIC estimados de frequência do sinistro individual tipo 1, por semestre e por subprefeitura.

Semestre	Pinheiros		Parelheiros	
	Poisson	Binomial Negativa	Poisson	Binomial Negativa
	BIC	BIC	BIC	BIC
2008A	4.802,11	4.763,04*	203,91*	209,42
2008B	5.234,92	5.192,60*	249,28*	255,32
2009A	5.790,50	5.757,22*	409,45*	416,45
2009B	5.029,49*	5.032,45	30,51*	34,95
2010A	4.289,57	4.282,29*	297,13	296,35*
2010B	4.348,56*	4.358,85	432,78*	440,01
2011A	4.255,01*	4.261,36	14,28*	18,38
2011B	3.435,52*	3.437,57	501,10*	507,60
2012A	3.523,12	3.500,36*	153,81*	156,66
2012B	3.515,53	3.501,76*	182,99*	190,55
2013A	3.165,17	3.113,87*	154,27*	161,87
2013B	143,22	150,79*	143,22*	150,79
2014A	4.432,88*	4.241,85	241,42*	249,03
2014B	4.108,85	3.988,93*	165,89*	168,99
2015A	3.829,59	3.718,85*	229,76	229,26*
2015B	3.868,85*	3.768,39	235,72*	240,76
2016A	3.480,37	3.398,37*	233,94	233,15*
2016B	3.429,62	3.184,57*	261,05*	266,28
2017A	3.365,36	3.257,75*	207,10*	211,18
2017B	2.753,41	2.707,33*	273,94*	274,35
2018A	2.576,23	2.541,46*	167,50*	175,21
2018B	2.148,34	2.119,96*	376,29*	379,70
2019A	2.320,54	2.263,25*	171,14	166,39*

Fonte: Elaborada pela autora.

(*): Valores de BIC selecionados por serem os menores na comparação realizada, seguindo o critério da Medida de Bondade dos Ajustes.

Analisando os valores de BIC do sinistro individual tipo 1, é possível observar que, para a subprefeitura de Pinheiros, grande parte dos dados teve melhor ajustamento à distribuição Binomial Negativa (cerca de 74% da série de semestres); em contrapartida, em Parelheiros, o ajustamento se deu melhor à distribuição de Poisson. Entretanto, é interessante notar que os valores de BIC das duas distribuições ficaram próximos entre si.

Tabela 7: BIC estimados de frequência do sinistro individual tipo 23, por semestre e por subprefeitura.

Semestre	Pinheiros		Parelheiros	
	Poisson	Binomial Negativa	Poisson	Binomial Negativa
	BIC	BIC	BIC	BIC
2008A	16.052,76	15.980,70*	204,89*	208,21
2008B	16.272,37	16.119,00*	250,35*	258,25
2009A	20.311,91	20.136,25*	411,78*	418,45
2009B	19.783,61	19.679,37*	286,35*	291,36
2010A	18.365,88	18.142,77*	298,24	231,35*
2010B	18.754,77	18.517,38*	438,75*	444,21
2011A	20.584,63	20.409,71*	517,72*	518,82
2011B	20.053,02	19.766,05*	502,52*	509,36
2012A	20.883,07	20.222,01*	492,82*	498,91
2012B	20.784,19	20.071,41*	390,54*	397,45
2013A	23.807,57	22.154,12*	612,36*	619,50
2013B	20.847,18	19.865,09*	545,34*	552,90
2014A	22.020,58	21.096,57*	585,84	581,54*
2014B	20.275,84	19.635,33*	447,94*	455,20
2015A	20.639,61	19.997,05*	587,74*	588,64
2015B	19.563,83	18.811,74*	501,31*	502,65
2016A	16.583,73	16.304,52*	437,66*	445,25
2016B	16.548,90	16.356,22*	477,89*	485,51
2017A	16.580,95	16.345,41*	426,96	426,96*
2017B	15.684,33	15.495,12*	410,13*	410,32
2018A	14.886,73	14.598,09*	632,41	632,22*
2018B	13.090,86	12.895,50*	376,29*	379,70
2019A	14.095,72	13.846,61*	413,45*	420,36

Fonte: Elaborada pela autora.

(*): Valores de BIC selecionados por serem os menores na comparação realizada, seguindo o critério da Medida de Bondade dos Ajustes.

Analizando os valores de BIC do sinistro individual tipo 23, todos os dados da Subprefeitura de Pinheiros ficaram melhor ajustados à distribuição Binomial Negativa, pelo critério do menor BIC. Para os dados de Parelheiros, a grande maioria dos semestres se ajustaram melhor à distribuição de Poisson, porém com pouca diferença nos valores dos BIC das duas distribuições ao longo dos semestres estudados.

Tabela 8: BIC estimados de frequência do sinistro individual tipo 9, por semestre e por subprefeitura.

Semestre	Pinheiros		Parelheiros	
	Poisson	Binomial Negativa	Poisson	Binomial Negativa
	BIC	BIC	BIC	BIC
2008A	82.657,84	68.505,85*	205,39*	210,11
2008B	86.462,33	71.167,69*	251,58*	257,78
2009A	91.802,30	74.513,55*	410,89*	417,28
2009B	98.221,03	79.814,16*	283,35*	298,42
2010A	101.528,91	81.452,04*	296,14	295,63*
2010B	111.531,43	87.994,15*	428,44*	439,10
2011A	109.909,46	87.001,76*	515,29*	517,92
2011B	111.582,56	87.697,54*	504,28*	509,85
2012A	116.593,06	89.119,22*	1.708,75	1.358,87*
2012B	118.854,97	95.631,60*	1.815,68	1.503,46*
2013A	115.555,95	93.340,92*	1.775,48	1.476,21*
2013B	104.387,70	85.213,80*	1.889,27	1.488,40*
2014A	105.685,51	84.877,70*	1.996,55	1.565,18*
2014B	104.547,51	84.803,88*	1.879,69	1.457,14*
2015A	99.545,53	81.539,45*	1.848,76	1.473,29*
2015B	125.022,74	100.863,02*	1.926,63	1.618,88*
2016A	107.137,54	90.261,04*	2.004,83	1.644,73*
2016B	108.638,20	89.971,11*	2.001,40	1.683,70*
2017A	104.419,98	88.093,95*	1.902,26	1.557,25*
2017B	106.478,04	94.104,88*	2.316,58	2.040,64*
2018A	97.510,71	87.715,65*	2.226,12	2.002,27*
2018B	92.736,22	84.361,11*	1.863,98	1.683,38*
2019A	87.423,91	79.470,50*	1.720,42	1.585,36*

Fonte: Elaborada pela autora.

(*): Valores de BIC selecionados por serem os menores na comparação realizada, seguindo o critério da Medida de Bondade dos Ajustes.

É interessante notar que, para os dados da subprefeitura de Pinheiros, nos sinistros do Tipo 23 e 9, os dados de todos os semestres se ajustam melhor à distribuição Binomial Negativa, situação já sinalizada na literatura. Já referente à Parelheiros, os dados de frequência do sinistro tipo 23, assim como o do tipo 1, adequam-se melhor à distribuição de Poisson e do tipo 9, à distribuição Binomial Negativa.

A partir das tabelas e dos resultados de frequência apresentados, foi possível realizar a escolha da distribuição mais ajustada aos dados, sendo aquelas que apresentaram o menor BIC em suas estimações. As escolhas serão apresentadas mais adiante, juntamente com as distribuições escolhidas referentes ao ajustamento de severidade.

Por fim, a partir das estimativas dos parâmetros das distribuições estatísticas utilizadas, foram calculados os valores médios individuais da frequência de sinistro por local de residência, apresentados na tabela 9.

Tabela 9: Frequência média estimada de sinistro por indivíduo, por subprefeitura e tipo de sinistro.

Semestre	Pinheiros			Semestre	Parelheiros		
	Sinistro Tipo 1	Sinistro Tipo 23	Sinistro Tipo 9		Sinistro Tipo 1	Sinistro Tipo 23	Sinistro Tipo 9
2008A	0,0082	0,0371	0,3210	2008A	0,0257	0,0397	0,0568
2008B	0,0087	0,0355	0,3190	2008B	0,0264	0,0385	0,0275
2009A	0,0084	0,0439	0,3170	2009A	0,0448	0,0358	0,0658
2009B	0,0069	0,0376	0,3040	2009B	0,0353	0,0229	0,0129
2010A	0,0062	0,0375	0,3550	2010A	0,0232	0,033	0,038
2010B	0,0057	0,0347	0,3570	2010B	0,0328	0,0375	0,0389
2011A	0,0053	0,0366	0,3230	2011A	0,0167	0,0435	0,0353
2011B	0,0042	0,0363	0,3410	2011B	0,0339	0,049	0,0537
2012A	0,0041	0,0355	0,3320	2012A	0,0065	0,0287	0,1340
2012B	0,0039	0,0339	0,3370	2012B	0,0079	0,0204	0,1420
2013A	0,0035	0,0394	0,3250	2013A	0,0060	0,0347	0,1310
2013B	0,0057	0,0362	0,3030	2013B	0,0057	0,0311	0,1450
2014A	0,0053	0,0377	0,2940	2014A	0,0104	0,0317	0,1460
2014B	0,0052	0,0371	0,3220	2014B	0,0065	0,0230	0,1360
2015A	0,0050	0,0395	0,3150	2015A	0,0112	0,0377	0,1570
2015B	0,0055	0,0401	0,4920	2015B	0,0122	0,0321	0,1810
2016A	0,0042	0,0283	0,3340	2016A	0,0102	0,2290	0,1560
2016B	0,0038	0,0279	0,3310	2016B	0,0113	0,0247	0,1510
2017A	0,0040	0,0282	0,3200	2017A	0,0080	0,0203	0,1300
2017B	0,0032	0,0264	0,3430	2017B	0,0112	0,0187	0,1780
2018A	0,0030	0,0246	0,3050	2018A	0,0058	0,0309	0,1600
2018B	0,0024	0,0209	0,2840	2018B	0,0169	0,0169	0,1330
2019A	0,0025	0,0220	0,2470	2019A	0,0056	0,0174	0,1080

Fonte: Elaborada pela autora.

Percebe-se, a partir da média estimada de frequência de sinistro por indivíduo, que, para o Sinistro Tipo 1, a frequência média estimada por segurado em Parelheiros é maior do que em Pinheiros. O valor médio da frequência para o sinistro tipo 1 foi de 0,0162 ocorrência por segurado em Parelheiros e 0,0049 ocorrência em Pinheiros, tal que a chance de ocorrência do sinistro tipo 1 em Parelheiros é 3,25 vezes maior do que em Pinheiros. Para o sinistro tipo 23, o valor médio da frequência foi de 0,033627 ocorrência por segurado em Pinheiros e 0,039008 em Parelheiros, havendo, portanto, 1,16 ocorrência de sinistro individual em Parelheiros para cada 1 ocorrência em Pinheiros. Por fim, o valor médio da frequência do sinistro tipo 9 foi de

0,327 ocorrência por segurador em Pinheiros e 0,1369 em Parelheiros, tal que, em Pinheiros, a chance de ocorrência de um sinistro do tipo 9 é 2,39 vezes maior que em Parelheiros.

Entretanto, é interessante inferir que, para o Sinistro Tipo 1, que, no geral, apresenta valor de indenização maior quando comparado aos outros sinistros, Parelheiros apresenta maior frequência de ocorrência por indivíduo, o que pode indicar que não seja interessante, quando observado da ótica do número de ocorrências de sinistros individuais, a oferta do Seguro Auto Popular na região da Subprefeitura de Parelheiros, uma vez que a frequência é componente importante para a definição do sinistro individual.

4.2. Ajuste para Severidade de sinistro

Para severidade, por se tratar de quatro distribuições analisadas no trabalho e considerando que algumas delas não apresentaram ajuste aos dados, optou-se por apresentar os valores do BIC para as distribuições que foram ajustadas aos dados, apresentadas a seguir.

Os campos preenchidos com ** representam os dados dos semestres que não foram ajustados ao modelo correspondentes, não podendo, portanto, serem estimados. De forma geral, os dados de Sinistro do tipo 1 e 23 pouco se ajustaram à distribuição de Pareto, enquanto os dados dos sinistros tipo 9 tiveram pouca aderência à distribuição de Burr. Entretanto, em todos os semestres foi possível modelar os dados com pelo menos duas distribuições, o que permitiu a comparação e escolha do modelo pelo critério do menor BIC.

Apesar de apresentarem valores de BIC próximos entre si, a distribuição de Weibull foi a preferida – pelo critério do menor BIC – em 52% da série de semestres. Como já dito, houve pouca aderência dos dados à distribuição de Pareto, apresentado para o sinistro individual tipo 1 apenas 3 semestres com os dados convergindo à distribuição.

Tabela 10: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 1 de Pinheiros, por semestre.

Semestre	Pinheiros			
	Gamma	Pareto	Weibull	Burr
	BIC	BIC	BIC	BIC
2008A	9.126,25	**	9.120,33	9.112,55*
2008B	10.015,40	**	9.989,33*	9.993,30
2009A	11.207,20	**	11.178,01*	11.183,86
2009B	9.396,73	**	9.393,85	9.375,80*
2010A	7.796,95	**	7.790,42*	7.792,36
2010B	7.856,08	**	7.856,08	7.841,19*
2011A	7.573,77	**	7.566,13	7.556,62*
2011B	5.961,99	**	5.954,82	5.954,68*
2012A	6.074,97	**	6.064,64*	6.070,29
2012B	5.983,94	**	5.957,97*	**
2013A	5.253,84	**	5.253,34*	5.258,80
2013B	7.858,83*	**	7.860,04	7.865,91
2014A	7.837,02	**	7.834,52*	7.841,16
2014B	7.333,84	**	7.328,93*	7.340,15
2015A	6.776,74	**	6.772,56*	6.776,92
2015B	6.972,79	**	6.971,40*	6.977,16
2016A	6.009,48*	**	6.011,55	**
2016B	5.550,83*	**	5.551,80	**
2017A	5.758,38*	5.766,29	5.762,73	**
2017B	4.599,06*	4.604,14	4.600,17	**
2018A	4.258,08	**	4.249,68*	4.251,44
2018B	3.446,98	**	3.440,79*	**
2019A	3.742,54*	3.748,81	3.742,83	3.743,34

Fonte: Elaborada pela autora.

(*): Valores de BIC selecionados por serem os menores na comparação realizada, seguindo o critério da Medida de Bondade dos Ajustes.

(**): Não foi possível realizar a estimação de parâmetros, por falta de convergência dos dados à distribuição.

Tabela 11: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 1 de Parelheiros, por semestre.

Semestre	Parelheiros			
	Gamma	Pareto	Weibull	Burr
	BIC	BIC	BIC	BIC
2008A	89,77*	**	89,77*	**
2008B	65,19*	65,98	65,19*	65,98
2009A	172,70	**	172,70	**
2009B	193,16	**	193,16	**
2010A	173,97	**	173,97	**
2010B	275,70	**	275,70	**
2011A	217,87	**	217,87	**
2011B	201,65*	**	201,65	**
2012A	263,07	**	263,07	**
2012B	338,47	**	338,47	**
2013A	253,91*	**	253,91*	**
2013B	248,42*	**	248,42*	**
2014A	465,56	**	465,56	**
2014B	284,92	**	284,92	**
2015A	429,51	**	429,51	**
2015B	466,00	**	466,00	**
2016A	451,57	**	451,57	**
2016B	500,73*	**	500,73*	**
2017A	384,17	**	384,17	**
2017B	551,66*	554,35	551,66*	554,35
2018A	280,84*	**	280,84*	**
2018B	93,47	**	93,47	**
2019A	282,35*	282,60	282,35*	282,60

Fonte: Elaborada pela autora.

(*): Valores de BIC selecionados por serem os menores na comparação realizada, seguindo o critério da Medida de Bondade dos Ajustes.

(**): Não foi possível realizar a estimação de parâmetros, por falta de convergência dos dados à distribuição.

De forma geral, também para os dados do sinistro individual tipo 1 de Parelheiros se ajustaram melhor à distribuição de Weibull (em 56,5% da série de semestres). Para essa subprefeitura, poucos foram os semestres que se ajustaram à distribuição de Pareto e de Burr, que pode indicar, possivelmente, diferenças entre as duas regiões.

Tabela 12: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 23 de Pinheiros, por semestre.

Semestre	Pinheiros			
	Gamma	Pareto	Weibull	Burr
	BIC	BIC	BIC	BIC
2008A	35.883,74	35.329,08*	35.685,14	**
2008B	36.098,12	35.602,63*	35.924,68	**
2009A	46.424,37	45.964,73*	46.223,22	**
2009B	44.122,03	43.673,17*	43.936,63	**
2010A	40.995,54	40.535,83*	40.813,03	**
2010B	41.505,88	41.112,82*	41.368,35	**
2011A	46.133,09	45.640,76*	45.944,45	**
2011B	44.860,92	44.545,99*	44.750,67	**
2012A	46.090,23	45.626,39*	45.932,61	**
2012B	45.080,54	44.681,39*	44.933,69	**
2013A	53.495,51	52.966,85*	53.314,23	**
2013B	46.344,76	45.896,78	46.197,58	45.749,45*
2014A	49.746,62	49.605,23	49.605,23	49.063,79*
2014B	46.377,57	46.028,51	46.282,78	45.798,42*
2015A	47.932,57	47.525,82	47.800,98	47.377,79*
2015B	45.456,10	45.058,55	45.336,90	44.854,36*
2016A	36.048,35	35.768,74	35.948,51	35.719,13*
2016B	36.055,33	35.777,38	35.956,08	35.734,14*
2017A	36.823,36	36.421,12	36.676,29	36.332,32*
2017B	34.454,66	34.132,82	34.340,93	34.054,34*
2018A	32.255,00	31.995,79*	32.166,06	**
2018B	27.195,75	27.023,61*	27.129,93	**
2019A	29.885,06	29.600,65*	29.791,87	**

Fonte: Elaborada pela autora.

(*): Valores de BIC selecionados por serem os menores na comparação realizada, seguindo o critério da Medida de Bondade dos Ajustes.

(**): Não foi possível realizar a estimação de parâmetros, por falta de convergência dos dados à distribuição.

Interessante notar que, para o sinistro individual tipo 23 na Subprefeitura de Pinheiros, quase todos os dados dos semestres foram melhor ajustados à distribuição Pareto, com poucas diferenças em relação às outras distribuições analisadas; houve pouca aderência à distribuição Burr, mas quando foi possível a estimação, a distribuição se mostrou melhor ajustada.

Tabela 13: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 23 de Parelheiros, por semestre.

Semestre	Parelheiros			
	Gamma	Pareto	Weibull	Burr
	BIC	BIC	BIC	BIC
2008A	422,38	416,37	420,06	412,08*
2008B	477,26	**	478,98	473,93*
2009A	984,48	977,02	980,71	971,55*
2009B	532,37*	531,99	532,40	534,31
2010A	581,05	574,78	578,72	572,68*
2010B	911,20	909,00	910,86	910,29*
2011A	1.082,85	**	1082,73*	1.086,80
2011B	1030,46*	**	1.031,43	1.032,59
2012A	996,94	999,49	998,41	995,96*
2012B	714,72	718,15	716,84	714,72*
2013A	1.349,42	1.346,98	1347,64*	1.350,42
2013B	1.161,36	1.156,70	1.159,51	1.159,06*
2014A	1.207,83	1.202,52	1.206,16	1.025,94*
2014B	948,25	941,57	945,90	937,55*
2015A	1.366,94	1.368,04	1366,53*	**
2015B	1.105,53	1.104,78	1104,79*	1.108,42
2016A	907,48*	907,91	907,54	**
2016B	1.032,56	1.030,69	1.032,15	1.030,81*
2017A	856,90*	857,23	857,15	859,52
2017B	818,95	803,05	813,48	800,76*
2018A	1397,60*	**	1.397,99	1.401,62
2018B	726,29*	**	727,19	730,80
2019A	844,44	843,52	844,24	844,15*

Fonte: Elaborada pela autora.

(*): Valores de BIC selecionados por serem os menores na comparação realizada, seguindo o critério da Medida de Bondade dos Ajustes.

(**): Não foi possível realizar a estimação de parâmetros, por falta de convergência dos dados à distribuição.

Para Parelheiros, os modelos que melhor se ajustaram aos dados foram distribuídos entre os 4 estudados, mas com considerável dominação da distribuição Burr, além de valores de BIC relativamente próximos entre as distribuições.

Quando analisado o sinistro individual do tipo 9 com os dados da Subprefeitura de Pinheiros, é notável perceber que o modelo com melhor ajuste aos dados é o de Burr, com uma diferença considerável dos valores em relação às demais distribuições.

Tabela 14: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 9 de Pinheiros, por semestre.

Semestre	Pinheiros			
	Gamma	Pareto	Weibull	Burr
	BIC	BIC	BIC	BIC
2008A	168.992,60	165.751,11	170.448,61	142.745,37*
2008B	183.274,20	176.173,85	182.443,02	153.594,53*
2009A	199.512,63	186.689,94	195.040,14	165.237,48*
2009B	219.132,61	202.005,78	212.229,92	180.574,61*
2010A	233.653,29	217.443,06	227.454,68	195.259,28*
2010B	266.978,23	239.553,17	254.288,67	215.795,66*
2011A	241.287,56	223.578,21	234.252,50	200.199,49*
2011B	267.279,88	238.217,85	253.406,22	221.505,72*
2012A	264.780,54	238.431,39	252.775,89	215.283,09*
2012B	282.617,52	252.932,90	268.235,20	23.239,97*
2013A	272.255,12	247.802,32	260.983,22	229.092,44*
2013B	250.703,96	225.704,34	238.780,97	212.388,14*
2014A	236.503,86	219.745,17	229.269,34	206.123,25*
2014B	247.255,76	229.154,39	239.452,42	216.915,44*
2015A	233.849,21	215.983,46	225.929,66	203.994,66*
2015B	334.743,17	309.019,11	323.760,03	288.698,23*
2016A	251.778,74	238.785,14	247.008,10	226.069,53*
2016B	267.116,19	242.203,96	255.065,32	229.768,57*
2017A	246.631,73	234.202,51	241.837,03	224.014,55*
2017B	274.034,42	257.243,37	266.593,87	247.112,46*
2018A	240.290,08	226.378,97	234.375,27	218.228,80*
2018B	229.719,05	212.873,65	221.597,74	206.158,94*
2019A	207.046,08	193.782,35	201.293,38	185.012,91*

Fonte: Elaborada pela autora.

(*): Valores de BIC selecionados por serem os menores na comparação realizada, seguindo o critério da Medida de Bondade dos Ajustes.

Por fim, no sinistro individual tipo 9, em Parelheiros, foram melhor ajustados, em sua grande maioria, à distribuição de Weibull, com uma considerável diferença em relação aos valores de BIC das demais distribuições.

Tabela 15: BIC estimados de severidade do sinistro individual do tipo 9 de Parelheiros, por semestre.

Semestre	Parelheiros			
	Gamma	Pareto	Weibull	Burr
	BIC	BIC	BIC	BIC
2008A	1.220,95*	**	1.300,33	**
2008B	1.783,58	**	1.829,89	1.726,96*
2009A	2.199,97	2.110,90	2.186,66	1.835,00*
2009B	1.994,39	2.015,10	2.023,07	1.780,61*
2010A	2.711,94	2.520,68	2.637,17*	2.409,35
2010B	2.824,42	2.549,57	2.708,78	2.294,75*
2011A	3.744,49	3.226,60	3.494,66	2.998,97*
2011B	3.347,38	2.955,52	3.161,67	2.787,49*
2012A	3.242,64	2.921,05	3.096,55*	2.806,36
2012B	3.331,49	3.109,76	3.242,12*	2.971,66
2013A	2.856,31	2.906,66	2.887,36*	2.754,26
2013B	3.490,77	3.242,72	3.382,35*	3.084,45
2014A	3.827,41	3.502,32	3.678,86*	3.363,11
2014B	3.683,55	3.307,12	3.515,48*	3.121,75
2015A	3.835,12	3.422,56	3.638,14*	3.255,63
2015B	4.315,61	3.852,87	4.103,73*	3.666,69
2016A	4.153,94	3.754,34	3.953,87*	3.597,18
2016B	4.273,54	3.865,31	4.089,62*	3.721,20
2017A	3.906,35	3.548,92	3.738,58*	3.424,57
2017B	5.013,48	4.824,62	4.947,57*	4.721,35
2018A	4.870,98	4.571,82	4.741,16*	4.467,11
2018B	4.033,77	3.700,70	3.882,20*	3.619,22
2019A	3.573,38	3.329,37	3.470,00*	3.242,78

Fonte: Elaborada pela autora.

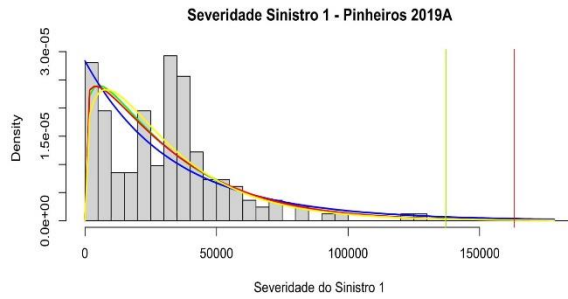
(*): Valores de BIC selecionados por serem os menores na comparação realizada, seguindo o critério da Medida de Bondade dos Ajustes.

(**): Não foi possível realizar a estimação de parâmetros, por falta de convergência dos dados à distribuição.

A título de exemplo, a seguir serão apresentados os gráficos da distribuição de cada tipo de sinistro estudado, bem como as curvas de ajustes das distribuições acima referidas, correspondentes ao último semestre de dados, identificado como 2019A.

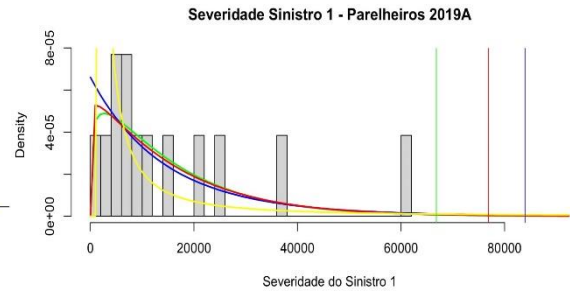
Das figuras 1 a 6, as linhas de distribuição ajustada aos dados com as cores verde, azul, vermelha e amarela representam, respectivamente, as distribuições Gamma, Pareto, Weibull e Burr. As linhas verticais de cores verde, azul, vermelha e amarela representam, respectivamente, os quantis 99% das distribuições Gamma, Pareto, Weibull e Burr.

Figura 1: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo 1, Pinheiros.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 2: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo 1, Parelheiros.



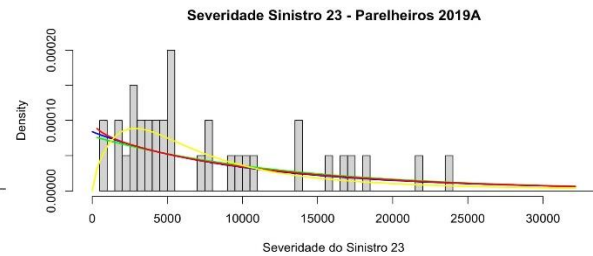
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 3: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo 23, Pinheiros, 2019A.



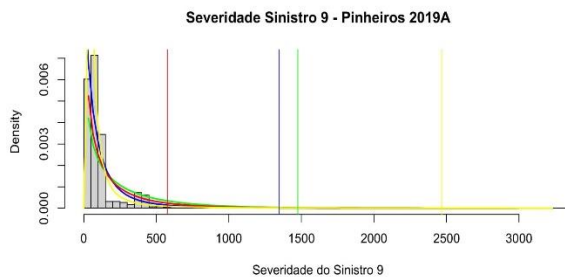
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 4: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo23, Parelheiros, 2019A.



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 5: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo 9, Pinheiros, 2019A.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 6: Distribuição de Severidade do Sinistro Individual Tipo9, Parelheiros, 2019A.



Fonte: Elaborada pela autora

A partir da estimação dos parâmetros de frequência e severidade dos três tipos de sinistros estudados e, conseqüentemente, da análise do BIC apresentado por cada distribuição, foram escolhidas as distribuições de frequência e severidade de sinistro individual, divididos pelas duas subprefeituras, de forma semestral, que são apresentadas a seguir. Para as tabelas 15 e 16, a Distribuição Binomial Negativa foi abreviada para BN, a fim de facilitar a interpretação dos dados.

Tabela 16: Distribuições escolhidas a partir do critério de menor BIC para Pinheiros.

Semestre	Pinheiros					
	Sinistro Tipo 1		Sinistro Tipo 23		Sinistro Tipo 9	
	Frequência	Severidade	Frequência	Severidade	Frequência	Severidade
2008A	BN	Burr	BN	Burr	BN	Burr
2008B	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2009A	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2009B	Poisson	Burr	BN	Burr	BN	Burr
2010A	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2010B	Poisson	Burr	BN	Burr	BN	Burr
2011A	Poisson	Burr	BN	Burr	BN	Burr
2011B	Poisson	Burr	BN	Burr	BN	Burr
2012A	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2012B	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2013A	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2013B	BN	Gamma	BN	Burr	BN	Burr
2014A	Poisson	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2014B	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2015A	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2015B	Poisson	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2016A	BN	Gamma	BN	Burr	BN	Burr
2016B	BN	Gamma	BN	Burr	BN	Burr
2017A	BN	Gamma	BN	Burr	BN	Burr
2017B	BN	Gamma	BN	Burr	BN	Burr
2018A	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2018B	BN	Weibull	BN	Burr	BN	Burr
2019A	BN	Gamma	BN	Burr	BN	Burr

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 17: Distribuições escolhidas a partir do critério de menor BIC para Parelheiros.

Semestre	Parelheiros					
	Sinistro Tipo 1		Sinistro Tipo 23		Sinistro Tipo 9	
	Frequência	Severidade	Frequência	Severidade	Frequência	Severidade
2008A	Poisson	Gamma	Poisson	Burr	Poisson	Gamma
2008B	Poisson	Gamma	Poisson	Burr	Poisson	Burr
2009A	Poisson	Weibull	Poisson	Burr	Poisson	Burr
2009B	Poisson	Weibull	Poisson	Gamma	Poisson	Gamma
2010A	BN	Weibull	Poisson	Burr	BN	Burr
2010B	Poisson	Weibull	Poisson	Burr	Poisson	Burr
2011A	Poisson	Weibull	Poisson	Weibull	Poisson	Burr
2011B	Poisson	Gamma	Poisson	Gamma	Poisson	Burr
2012A	Poisson	Weibull	Poisson	Burr	Poisson	Weibull
2012B	Poisson	Weibull	Poisson	Burr	BN	Weibull
2013A	Poisson	Gamma	Poisson	Weibull	BN	Weibull
2013B	Poisson	Gamma	Poisson	Burr	BN	Weibull
2014A	Poisson	Weibull	BN	Burr	BN	Weibull
2014B	Poisson	Weibull	Poisson	Burr	BN	Weibull
2015A	BN	Weibull	Poisson	Weibull	BN	Weibull
2015B	Poisson	Weibull	Poisson	Weibull	BN	Weibull
2016A	BN	Weibull	Poisson	Gamma	BN	Weibull
2016B	Poisson	Gamma	Poisson	Burr	BN	Weibull
2017A	Poisson	Weibull	BN	Gamma	BN	Weibull
2017B	Poisson	Gamma	Poisson	Burr	BN	Weibull
2018A	Poisson	Gamma	BN	Gamma	BN	Weibull
2018B	Poisson	Burr	Poisson	Gamma	BN	Weibull
2019A	BN	Gamma	Poisson	Burr	BN	Weibull

Fonte: Elaborada pela autora.

4.3. Simulação de Monte Carlo

A partir das escolhas das melhores distribuições de frequência e severidade dos sinistros, a simulação de Monte Carlo foi realizada para subprefeitura e por cada semestre, conforme descrito na sessão de metodologia. Para esse estudo, foi realizado a simulação de Monte Carlo considerando as distribuições melhor ajustadas à frequência e severidade dos dados de sinistro individual; para trabalhos futuros, pode ser interessante a realização da simulação considerando apenas uma distribuição de frequência – como a Binomial Negativa – e de severidade – como a Burr ou Weibull.

A seguir, nas tabelas 18 a 20, serão apresentados os valores de média e dos percentis de 95%, 99%, 99,90% e 99,99%, obtidos a partir da simulação.

Tabela 18: Valores de percentis do sinistro convoluto individual do tipo 1 (em R\$), por subprefeitura.

Semestre	Pinheiros					Parelheiros				
	Sinistro Tipo 1					Sinistro Tipo 1				
	Média	95%	99%	99,90%	99,99%	Média	95%	99%	99,90%	99,99%
2008A	208,37	0	0	38.191	80.253	682,96	0	27.955	57.260	84.863
2008B	220,04	0	0	42.861	80.681	397,46	0	12.509	62.113	115.497
2009A	215,67	0	0	49.173	80.087	614,18	0	20.672	46.102	70.604
2009B	188,47	0	0	48.478	94.990	560,43	0	19.816	31.386	42.522
2010A	153,69	0	0	43.589	85.102	327,96	0	13.528	39.456	62.074
2010B	152,33	0	0	41.550	78.922	517,16	0	19.086	30.506	42.243
2011A	147,68	0	0	41.606	81.433	405,97	0	22.108	38.769	49.234
2011B	126,97	0	0	41.876	91.184	806,66	0	29.290	65.240	102.004
2012A	120,60	0	0	41.054	95.760	108,30	0	0	30.650	64.447
2012B	101,43	0	0	36.821	83.909	195,66	0	0	41.643	63.300
2013A	91,75	0	0	31.711	90.690	89,66	0	0	22.693	38.544
2013B	143,31	0	0	45.778	112.553	142,63	0	0	44.580	108.747
2014A	141,20	0	0	47.997	109.555	215,03	0	1.655	43.540	72.242
2014B	160,57	0	0	49.242	109.306	116,08	0	0	32.357	69.897
2015A	143,09	0	0	47.320	106.250	256,05	0	4.632	39.698	69.655
2015B	159,50	0	0	51.993	119.266	259,22	0	8.221	42.828	65.811
2016A	123,03	0	0	41.994	118.705	261,98	0	0	59.396	110.166
2016B	113,91	0	0	41.308	123.829	204,74	0	784	51.212	107.464
2017A	118,52	0	0	41.150	122.220	202,71	0	0	48.203	86.929
2017B	96,88	0	0	37.518	118.340	358,88	0	2.042	79.409	158.759
2018A	89,94	0	0	35.544	94.787	128,82	0	0	31.812	50.710
2018B	80,46	0	0	31.916	89.225	869,41	0	22.553	125.497	648.290
2019A	89,94	0	0	31.365	106.900	92,13	0	0	29.338	67.998

Fonte: Elaborada pela autora.

Para o sinistro individual tipo 1 – Roubo/Furto – é possível observar que há 95% de probabilidade de não haver necessidade de pagamento de indenização, considerando os dados estudados, tanto para a região da Subprefeitura de Pinheiros quanto de Parelheiros. Para Pinheiros, a partir do percentil 99,90% é possível aferir algum tipo de pagamento de indenização, ao passo que, em Parelheiros, há chance a partir de 1% de se necessário o pagamento de indenização. Entretanto, de modo geral, os valores são mais severos na Subprefeitura de Pinheiros, o que já era esperado no início do estudo.

Tabela 19: Valores de percentis do sinistro convoluto individual do tipo 23 (em R\$), por subprefeitura.

Semestre	Pinheiros					Parelheiros				
	Sinistro Tipo 23					Sinistro Tipo 23				
	Média	95%	99%	99,90%	99,99%	Média	95%	99%	99,90%	99,99%
2008A	351,50	0	4.875	34.952	239.267	564,69	0	3.455	41.946	556.745
2008B	352,38	0	5.045	39.161	320.233	227,89	0	2.533	23.119	203.538
2009A	261,69	0	66.074	32.910	139.903	1.090,45	0	7.744	79.932	863.703
2009B	269,39	0	5.465	34.077	193.675	72,85	0	2.714	9.776	16.092
2010A	259,10	0	5.736	32.911	144.114	548,78	0	2.415	29.046	380.856
2010B	245,27	0	5.976	32.080	121.578	149,33	0	4.450	18.052	49.265
2011A	253,77	0	6.046	34.241	151.390	137,90	0	5.038	13.191	20.702
2011B	261,73	0	6.512	34.165	118.056	121,92	0	4.455	10.551	16.342
2012A	277,69	0	6.125	34.523	167.196	122,65	0	4.108	14.268	35.455
2012B	218,74	0	5.842	29.897	115.120	71,49	0	2.336	9.818	27.600
2013A	392,07	0	7.833	46.676	206.530	217,53	0	7.347	26.987	48.708
2013B	296,95	0	6.750	41.102	184.419	199,86	0	4.793	26.693	107.584
2014A	376,79	0	7.346	45.420	262.995	135,02	0	4.633	17.808	33.094
2014B	393,97	0	8.016	48.065	229.942	567,22	0	4.862	57.250	497.341
2015A	473,50	0	8.727	50.731	235.387	355,93	0	12.192	40.278	71.905
2015B	411,03	0	8.870	51.798	261.228	256,07	0	8.876	31.645	57.526
2016A	279,39	0	6.408	41.108	152.754	185,04	0	6.291	27.369	49.661
2016B	273,29	0	6.741	40.648	154.503	318,20	0	7.190	43.125	224.168
2017A	357,44	0	7.518	48.726	239.108	145,08	0	4.871	22.931	39.679
2017B	361,37	0	7.314	50.274	255.416	168,61	0	3.918	26.580	121.653
2018A	332,92	0	6.957	51.740	305.108	269,13	0	9.935	30.106	49.638
2018B	243,77	0	5.105	38.985	157.038	138,95	0	3.725	24.613	46.918
2019A	328,82	0	5.766	44.975	212.004	295,88	0	5.655	43.814	216.634

Fonte: Elaborada pela autora.

De modo geral, os valores de indenização dos sinistros individuais são mais severos na Subprefeitura de Pinheiros, em relação à de Parelheiros. Apesar de apresentar mais chances de pagamento de indenização (com valores pagos em pelo menos 1% dos sinistros ocorridos), os valores de indenização são menos severos, o que condiz com o resultado esperado no início do estudo e com a realidade econômica da região.

Tabela 20: Valores de percentis do sinistro convoluto individual do tipo 9 (em R\$), por subprefeitura.

Semestre	Pinheiros					Parelheiros				
	Sinistro Tipo 9					Sinistro Tipo 9				
	Média	95%	99%	99,90%	99,99%	Média	95%	99%	99,90%	99,99%
2008A	18,92	141	299	551	822	1,63	0	67	106	147
2008B	20,28	167	351	648	978	1,72	0	69	110	165
2009A	21,06	179	383	745	1.251	3,38	0	90	180	336
2009B	22,70	168	399	895	1.932	1,75	0	70	159	326
2010A	26,01	169	397	862	1.958	2,64	0	70	473	1.012
2010B	27,00	183	443	1.011	2.256	2,83	0	86	248	652
2011A	22,24	0	121	387	808	2,95	0	89	258	716
2011B	28,32	188	477	1.200	3.082	3,09	0	92	292	865
2012A	24,32	152	407	941	1.890	17,41	74	380	1.424	5.371
2012B	27,84	164	446	1.202	3.669	15,08	84	331	1.018	3.031
2013A	31,41	173	513	1.639	5.275	12,10	74	278	755	1.761
2013B	35,24	184	586	2.137	8.310	16,25	88	372	1.120	3.015
2014A	29,95	169	507	1.507	5.302	18,86	100	436	1.368	3.861
2014B	36,84	202	606	1.961	7.432	28,18	91	505	2.249	12.809
2015A	35,16	189	574	1.880	6.878	26,13	124	538	1.975	9.085
2015B	46,81	253	653	1.875	6.280	55,53	156	688	3.577	20.646
2016A	34,43	194	536	1.603	5.255	30,98	116	555	2.653	13.836
2016B	38,34	201	605	2.080	8.235	50,84	127	706	4.359	28.740
2017A	41,59	210	659	2.635	12.328	612,91	96	838	9.348	118.235
2017B	58,80	254	837	3.866	19.431	47,44	198	817	3.880	20.124
2018A	52,10	214	703	3.330	17.993	51,85	178	820	4.673	26.984
2018B	46,49	208	685	3.022	13.715	271,74	137	838	7.093	61.669
2019A	73,78	186	792	5.884	51.356	80,36	115	821	8.650	87.206

Fonte: Elaborada pela autora.

A partir dos valores médios de severidade para os diferentes tipos de sinistros foram encontrados os respectivos quantis associados a esses valores médios, $q(p)$. As tabelas 21 e 22 apresentam os valores $q(p)$ para a média da severidade de cada tipo de sinistro, para os bairros de Pinheiros e Parelheiros, respectivamente.

Tabela 21: Valores médios e os respectivos quantis da Subprefeitura de Pinheiros, por tipo de sinistro individual.

Semestre	Pinheiros					
	Sinistro Tipo 1		Sinistro Tipo 23		Sinistro Tipo 9	
	Valor Médio	$q(p)$	Valor Médio	$q(p)$	Valor Médio	$q(p)$
2008A	208,37	99,22%	351,50	96,55%	18,92	82,40%
2008B	220,04	99,17%	352,38	96,77%	20,28	82,75%
2009A	215,67	99,20%	261,69	96,17%	21,06	83,13%
2009B	188,47	99,32%	269,39	96,62%	22,70	83,68%
2010A	153,69	99,39%	259,10	96,68%	26,01	81,91%
2010B	152,33	99,43%	245,27	96,83%	27,00	82,35%
2011A	147,68	99,47%	253,77	96,70%	22,24	83,47%
2011B	126,97	99,57%	261,73	96,74%	28,32	83,65%
2012A	120,60	99,60%	277,69	96,87%	24,32	84,02%
2012B	101,43	99,62%	218,74	97,04%	27,84	82,89%
2013A	91,75	99,67%	392,07	96,78%	31,41	83,66%
2013B	143,31	99,50%	296,95	96,96%	35,24	85,00%
2014A	141,20	99,53%	376,79	96,80%	29,95	84,98%
2014B	160,57	99,52%	393,97	96,78%	36,84	84,36%
2015A	143,09	99,54%	473,50	96,65%	35,16	84,33%
2015B	159,50	99,46%	411,03	96,59%	46,81	80,00%
2016A	123,03	99,61%	279,39	97,44%	34,43	82,71%
2016B	113,91	99,64%	273,29	97,47%	38,34	83,90%
2017A	118,52	99,63%	357,44	97,44%	41,59	84,19%
2017B	96,88	99,71%	361,37	97,58%	58,80	84,05%
2018A	89,94	99,72%	332,92	97,80%	52,10	84,87%
2018B	80,46	99,77%	243,77	98,07%	46,49	84,74%
2019A	89,94	99,76%	328,82	97,99%	73,78	88,73%

Fonte: Elaborada pela autora.

Observando os valores médios de severidade de sinistro individual e seus respectivos quantis, é possível inferir que, para os dados de sinistro tipo 1 de Pinheiros, a probabilidade de que ocorra valores abaixo da média apresentada fica em torno de 99% - em Parelheiros, esse valor oscila entre 96% e 99%. De modo análogo, para os sinistros Tipo 23 e 9, os quantis da média são elevados em ambas as subprefeituras, com destaque para o Sinistro Tipo 9 – Outros tipos de coberturas, como Assistência 24h – que apresentou quantis em torno de 85%.

Tabela 22: Valores médios e os respectivos quantis da Subprefeitura de Parelheiros, por tipo de sinistro individual.

Semestre	Parelheiros					
	Sinistro Tipo 1		Sinistro Tipo 23		Sinistro Tipo 9	
	Valor Médio	$q(p)$	Valor Médio	$q(p)$	Valor Médio	$q(p)$
2008A	682,96	97,44%	564,69	97,53%	1,63	97,47%
2008B	397,46	97,67%	227,89	97,38%	1,72	97,39%
2009A	614,18	95,73%	1.090,45	96,31%	3,38	95,61%
2009B	560,43	96,52%	72,85	97,77%	1,75	97,73%
2010A	327,96	97,93%	548,78	97,87%	2,64	98,04%
2010B	517,16	96,73%	149,33	96,81%	2,83	96,80%
2011A	405,97	98,38%	137,90	96,63%	2,95	96,56%
2011B	806,66	96,67%	121,92	96,68%	3,09	96,66%
2012A	108,30	99,36%	122,65	97,17%	17,41	92,43%
2012B	195,66	99,21%	71,49	97,99%	15,08	91,38%
2013A	89,66	99,39%	217,53	96,82%	12,10	92,01%
2013B	142,63	99,42%	199,86	97,03%	16,25	91,92%
2014A	215,03	98,97%	135,02	97,27%	18,86	91,90%
2014B	116,08	99,34%	567,22	97,79%	28,18	92,50%
2015A	256,05	98,99%	355,93	96,55%	26,13	91,08%
2015B	259,22	98,77%	256,07	97,01%	55,53	90,72%
2016A	261,98	99,08%	185,04	97,84%	30,98	91,17%
2016B	204,74	98,92%	318,20	97,60%	50,84	92,01%
2017A	202,71	99,19%	145,08	98,24%	612,91	98,68%
2017B	358,88	98,90%	168,61	98,15%	47,44	89,58%
2018A	128,82	99,42%	269,13	97,18%	51,85	90,38%
2018B	869,41	98,31%	138,95	98,37%	271,74	96,99%
2019A	92,13	99,51%	295,88	98,30%	80,36	93,95%

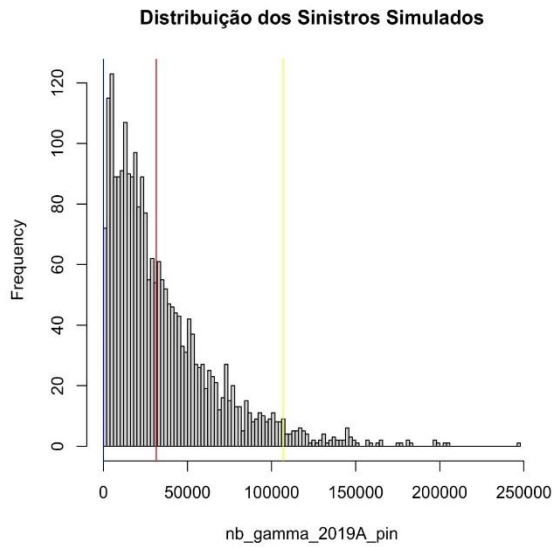
Fonte: Elaborada pela autora.

É interessante notar que, ao analisar os valores, pode-se perceber que os dados indicam para uma forte assimetria positiva, com cauda direita mais pesada em relação à esquerda. A partir disso, pode-se aferir que a moda estatística da severidade de sinistro individual – valor que mais se repete no conjunto de dados – é menor que o valor médio da severidade, o que indica que é mais provável que aconteçam valores de indenização de sinistro individual menores do que a média estatística apresentada. Tal análise pode ser ilustrada pelas figuras 7 a 12, apresentadas a seguir.

As figuras 7 a 12 representam a distribuição dos sinistros individuais simulados com valor superior a zero – aqui, novamente, a título de exemplo, foram utilizados a distribuição dos sinistros individuais simulados do último semestre de dados, 2019A.

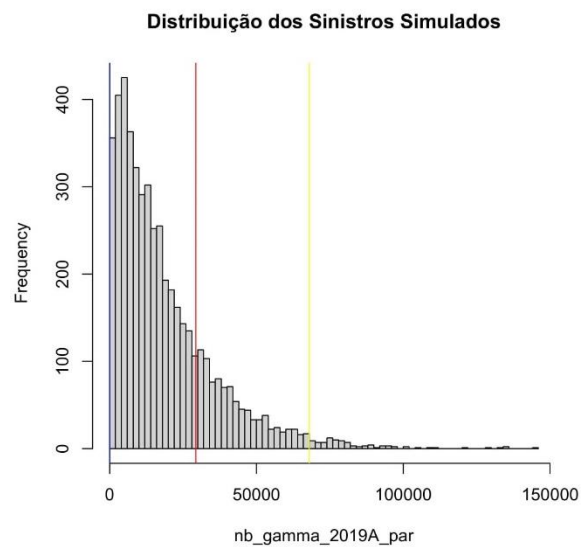
As linhas verde, azul, amarela e vermelha representam, respectivamente, os valores dos quantis de 95%, 99%, 99,90% e 99,99%.

Figura 7: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 1 Simulados, Pinheiros, 2019A.



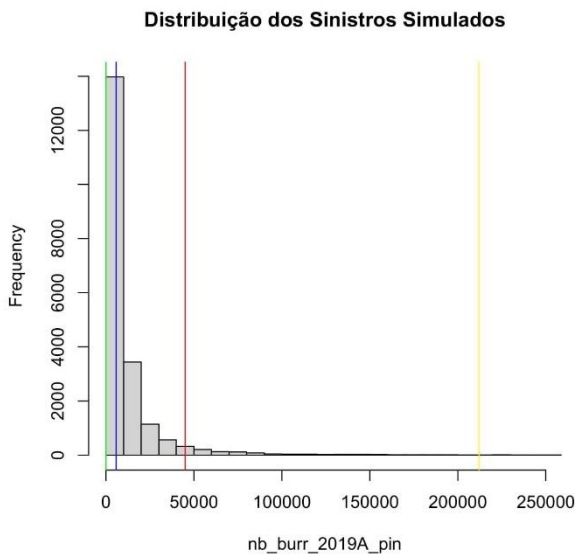
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 8: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 1 Simulados, Parelheiros, 2019A.



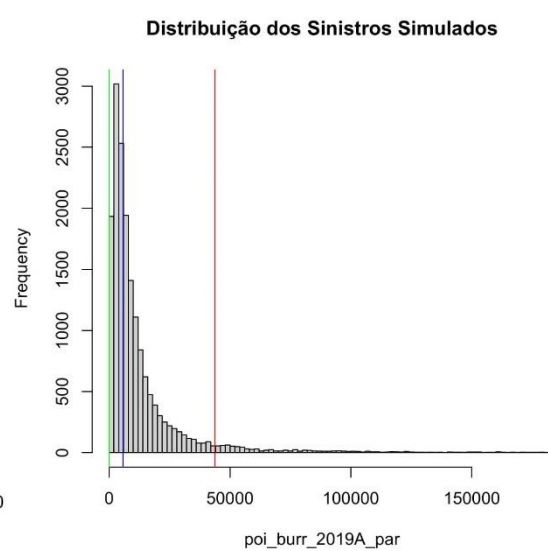
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 9: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 23 Simulados, Pinheiros, 2019A.



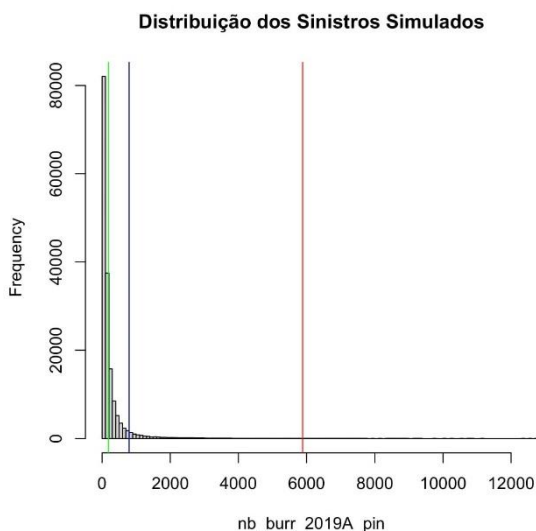
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 10: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 23 Simulados, Parelheiros, 2019A.



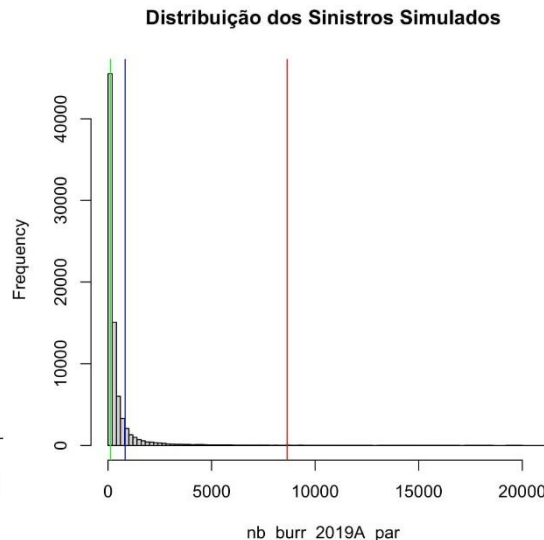
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 11: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 9 Simulados, Pinheiros, 2019A.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 12: Distribuição do Sinistro Individual Tipo 9 Simulados, Parelheiros, 2019A.



Fonte: Elaborada pela autora.

Interessante notar que, apesar dos dados simulados de Parelheiros apresentarem valores extremos (motivado, principalmente por *outliers* contidos na base de dados), os valores de sinistros individuais simulados de Pinheiros se mostram mais severos que os de Parelheiros.

A partir dos parâmetros das distribuições estimadas para a severidade de sinistro individual, foi possível estimar os valores médios de cada distribuição para cada tipo de sinistro, apresentados na Tabela 23.

Para o sinistro individual tipo 1, o valor médio da severidade, considerando a média global de todos os semestres, é de R\$ 28.324,13 de indenização por sinistro individual em Pinheiros e de R\$ 22.228,13 em Parelheiros, tal que a indenização individual em Parelheiros é cerca de 27% maior que em Pinheiros. Para o sinistro tipo 23, o valor médio da severidade é de R\$ 9.627,71 por sinistro individual em Pinheiros e de R\$ 25.931,87 em Parelheiros, sendo cerca de 169% maior em Parelheiros, em relação à outra subprefeitura. Por fim, para o sinistro tipo 9, o valor médio de indenização em Pinheiros é de R\$ 114,78 e em Parelheiros, R\$ 213,36, tal que o valor de indenização é cerca de 86% maior em Parelheiros do que em Pinheiros.

Tabela 23 Valores médios estimados das severidades a partir dos parâmetros estimados das distribuições, por semestre, tipo de sinistro e subprefeitura.

Semestre	Pinheiros			Parelheiros		
	Sinistro Tipo 1	Sinistro Tipo 23	Sinistro Tipo 9	Sinistro Tipo 1	Sinistro Tipo 23	Sinistro Tipo 9
2008A	25.757,94	9.235,47	59,16	26.311,47	14.990,37	63,41
2008B	24.996,98	10.755,50	64,10	15.224,54	21.159,56	65,24
2009A	25.650,29	5.976,67	66,54	13.716,97	354.131,57	75,11
2009B	27.263,09	6.908,73	74,52	15.833,20	3.175,40	76,13
2010A	24.269,62	6.790,26	72,96	14.303,64	16.137,50	113,02
2010B	26.060,53	7.053,36	75,48	15.541,85	4.550,87	87,84
2011A	27.475,39	7.235,43	68,40	24.793,13	3.893,73	83,48
2011B	29.530,06	7.160,26	83,78	23.632,68	3.618,12	92,03
2012A	29.153,49	7.678,36	73,13	17.111,40	4.289,39	228,54
2012B	26.505,28	6.484,88	82,25	24.838,32	3.452,01	146,21
2013A	25.704,60	9.292,42	97,71	14.892,66	6.280,82	95,64
2013B	25.546,23	8.508,29	119,40	24.337,03	6.328,35	153,28
2014A	27.106,24	9.679,09	100,64	20.710,72	4.396,46	194,67
2014B	29.859,53	10.414,71	114,83	17.251,54	61.291,97	279,52
2015A	29.289,61	10.574,41	112,31	22.736,87	9.496,53	281,48
2015B	29.685,57	10.737,84	95,82	21.092,19	7.962,64	351,11
2016A	29.124,96	9.861,51	103,06	25.805,42	8.190,31	269,34
2016B	29.964,21	9.741,30	117,84	18.554,33	12.855,73	366,86
2017A	29.277,75	12.507,71	133,80	24.760,28	7.187,27	423,58
2017B	31.608,23	12.787,73	180,40	31.974,29	8.971,51	248,37
2018A	31.670,91	14.923,42	165,94	21.996,05	8.697,00	300,14
2018B	33.478,76	12.004,87	166,18	59.964,16	8.155,89	452,92
2019A	32.475,71	15.125,18	411,68	15.864,33	17.220,16	459,49

Fonte: Elaborada pela autora.

4.4. Prêmio Puro Individual

Considerando a simulação realizada, tem-se as seguintes esperanças médias de sinistro individual e, conforme abordado na sessão de Metodologia, será utilizado como base para a indicação de prêmio puro médio individual.

Nesse trabalho, a margem de segurança será definida como $\theta = 0$, pois $G_N(s)$ - distribuição convoluta do sinistro individual - possui forte assimetria positiva; ou seja, conforme já apresentado, $E(S) > G_N^{-1}(0.95)$, portanto, será definido $P = E(S)$.

Na Tabela 24 será apresentado o valor do prêmio puro individual para as duas subprefeituras estudadas, em cada tipo de sinistro individual.

Tabela 24: Prêmio Puro Individual (em R\$), por subprefeitura, por semestre e tipo de sinistro individual.

Semestre	Pinheiros			Parelheiros		
	Sinistro Tipo 1	Sinistro Tipo 23	Sinistro Tipo 9	Sinistro Tipo 1	Sinistro Tipo 23	Sinistro Tipo 9
2008A	208,37	351,50	18,92	682,96	564,69	1,63
2008B	220,04	352,38	20,28	397,46	227,89	1,72
2009A	215,67	261,69	21,06	614,18	1.090,45	3,38
2009B	188,47	269,39	22,70	560,43	72,85	1,75
2010A	153,69	259,10	26,01	327,96	548,78	2,64
2010B	152,33	245,27	27,00	517,16	149,33	2,83
2011A	147,68	253,77	22,24	405,97	137,90	2,95
2011B	126,97	261,73	28,32	806,66	121,92	3,09
2012A	120,60	277,69	24,32	108,30	122,65	17,41
2012B	101,43	218,74	27,84	195,66	71,49	15,08
2013A	91,75	392,07	31,41	89,66	217,53	12,10
2013B	143,31	296,95	35,24	142,63	199,86	16,25
2014A	141,20	376,79	29,95	215,03	135,02	18,86
2014B	160,57	393,97	36,84	116,08	567,22	28,18
2015A	143,09	473,50	35,16	256,05	355,93	26,13
2015B	159,50	411,03	46,81	259,22	256,07	55,53
2016A	123,03	279,39	34,43	261,98	185,04	30,98
2016B	113,91	273,29	38,34	204,74	318,20	50,84
2017A	118,52	357,44	41,59	202,71	145,08	612,91
2017B	96,88	361,37	58,80	358,88	168,61	47,44
2018A	89,94	332,92	52,10	128,82	269,13	51,85
2018B	80,46	243,77	46,49	869,41	138,95	271,74
2019A	89,94	328,82	73,78	92,13	295,88	80,36

Fonte: Elaborada pela autora.

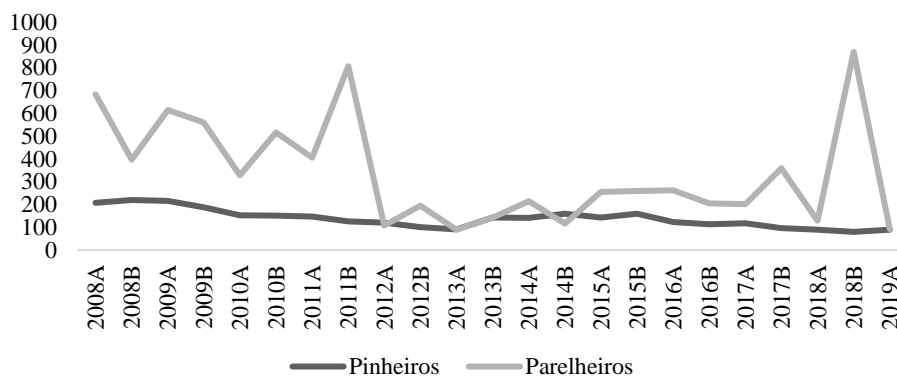
Percebe-se, a partir das análises, que os valores médios que, para o sinistro individual tipo 1 – Roubo e Furto – os valores referentes a Subprefeitura de Pinheiros são menores do que em Parelheiros, em grande parte dos semestres estudados. O mesmo ocorre para o sinistro individual tipo 23, em que Pinheiros, de modo geral, apresenta prêmios menores do que Parelheiros. Essa situação se inverte ao analisar o sinistro individual tipo 9, em que o prêmio puro é maior em Pinheiros.

É interessante notar que, sendo a severidade de sinistros uma das variáveis utilizadas para o cálculo do sinistro individual e, após isso, do prêmio puro individual, aqui apresentado, apresentar maior prêmio puro pode apresentar desvantagem para o oferecimento do Seguro Auto Popular em uma região periférica como Parelheiros. Entretanto, pela base de dados estudada, como já apresentado anteriormente, de modo geral, Parelheiros possui frequência

média de sinistros por indivíduo maior quando comparado com Pinheiros, o que justifica ter valores de indenização e, conseqüentemente, valor de prêmio puro, maiores.

A seguir, será apresentado a trajetória do valor esperado de cada tipo de sinistro individual, com uma comparação entre as duas subprefeituras estudadas.

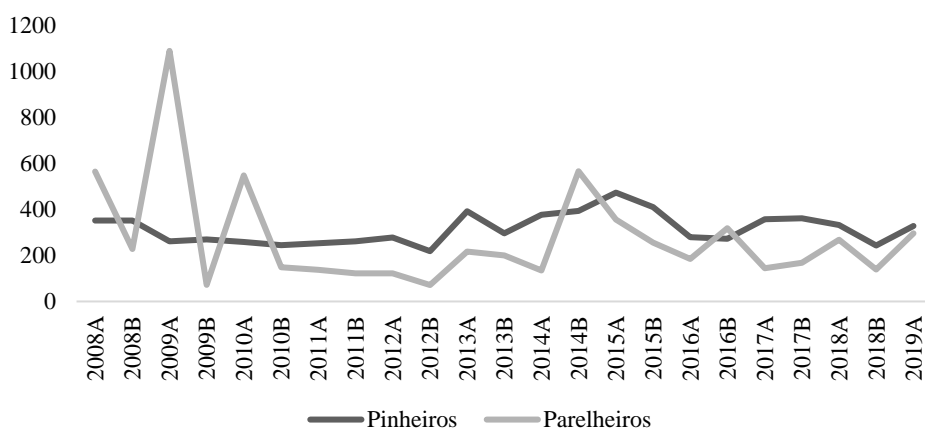
Figura 13: Trajetória do valor esperado do sinistro individual tipo 1 (em R\$), por subprefeitura.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para o sinistro individual tipo 1 – Cobertura contra Roubo/Furto – percebe-se que, ao longo dos semestres estudados, o valor esperado – aqui representando o prêmio puro para essa cobertura – segue certa constância, com pouca variância, para os dados da Subprefeitura de Pinheiros, ficando em torno de R\$ 200,00. Em contraste, o valor esperado do sinistro individual da subprefeitura de Parelheiros apresenta muita oscilação e é difícil, a partir de uma análise gráfica, a determinação do valor de prêmio puro geral; isso, provavelmente, ocorre pela quantidade de *outlier* contido na série de dados da subprefeitura de Parelheiros, além da pouca frequência de sinistros individuais ocorridos na região.

Figura 14: Trajetória do valor esperado do sinistro individual tipo 23 (em R\$), por subprefeitura.

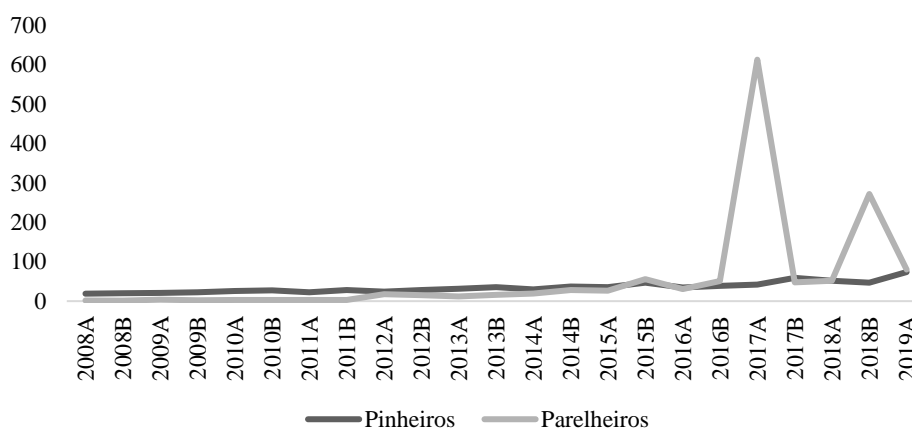


Fonte: Elaborada pela autora.

Ao observar a evolução ao longo dos semestres do valor esperado do sinistro individual do tipo 23 – Cobertura contra colisão Parcial/Total – percebe-se que oscilação dos dados de Parelheiros se mantém, assim como na figura 13 analisada anteriormente. Entretanto, o valor esperado, ao longo dos semestres, com exceção das oscilações dos dados de Parelheiros, mantém certa constância, tanto para Pinheiros – ficando em torno de R\$ 400,00 o valor do prêmio puro individual – quanto para Parelheiros – ficando em torno de R\$ 300,00 de prêmio puro.

Interessante notar que, apesar de apresentar oscilações, em grande parte dos semestres, o valor esperado de Parelheiros é inferior à de Pinheiros; ou seja, conforme esperado, o valor de prêmio puro é mais baixo em Parelheiros do que em Pinheiros, no tocante da cobertura contra colisão Parcial/Total.

Figura 15: Trajetória do valor esperado do sinistro individual tipo 9 (em R\$), por subprefeitura.



Fonte: Elaborada pela autora.

Analisando valor esperado do sinistro individual tipo 9 – Outras coberturas, como Assistência 24h – ao contrário da esperança dos outros tipos de sinistros estudados, percebe-se que há uma convergência nos valores de prêmio puro de Pinheiros e Parelheiros, indicando uma provável pouca diferença de prêmio entre as subprefeituras. Apesar de haver um pico em meados do semestre 2017A para os dados de Parelheiros, o valor de prêmio puro para ambas as subprefeituras fica em torno de R\$ 100,00.

5. CONCLUSÃO

O mercado automobilístico do Brasil é um importante componente da economia do país. Entretanto, o número de veículos segurados, novos ou não, pouco acompanha o crescimento e fortalecimento do setor. Levando isso em consideração uma alternativa em potencial para os produtos de seguro serem mais inclusivos é o *seguro auto popular*, em que é possível a oferta do serviço de seguro com prêmios mais baixos, além de abranger carros mais antigos, sendo, portanto, uma forma de atender proprietários de veículos com menor nível médio de renda pelo mercado segurador. Dessa forma, decidiu-se estudar as condições de oferta em duas regiões distintas na Cidade São Paulo, que dispõe da maior frota de veículos do país: as regiões de Pinheiros e de Parelheiros.

Para o estudo, foram considerados os dados de seguro de automóvel disponibilizados pela SUSEP, o Autoseg, estudados ao longo de 23 semestres de disponíveis. Os modelos foram estimados a partir do método de maximaverossimilhança, utilizando o software R. Foram considerados 3 tipos de sinistros com coberturas distintas, sendo o primeiro tipo furto ou roubo, o segundo colisão com perda parcial ou total, e, o terceiro, outros tipos de sinistros como assistência 24 horas. A análise de sinistro do tipo incêndio não foi possível, haja vista que as estimações de parâmetros por máxima verossimilhança não apresentaram convergência, possivelmente em razão do baixíssimo número de ocorrências desse tipo de sinistro registradas na base de dados do Autoseg. Para esse trabalho foram utilizados os conceitos e hipóteses de frequência e severidade de sinistro agregado baseados na teoria do risco coletivo. Entretanto, tais definições foram adaptadas para o estudo ao nível individual, com relaxamento, inclusive, de uma das três hipóteses apresentadas para a teoria do risco coletivo, que pressupõe a ocorrência máxima de um sinistro por indivíduo segurado.

No tocante da frequência individual de ocorrências dos três tipos de sinistros analisados, a distribuição que melhor se ajustou aos modelos estimados foi a distribuição binomial negativa para Pinheiros; para Parelheiros, o melhor ajustamento aos dados se deu pela distribuição de Poisson, com exceção da frequência de sinistro tipo 9 em Parelheiros, que apresentou melhor aderência à distribuição binomial negativa. No sentido da frequência estimada individual de sinistros do tipo roubo e furto, a região de Parelheiros apresentou ocorrência média estimada por indivíduo segurado 3 vezes superior à região de Pinheiros. Ou seja, a cada sinistro ocorrido por indivíduo em Pinheiros, há, em média, a ocorrência de 3 sinistros individuais de roubo e furto em Parelheiros. No sinistro individual médio de colisão com perda total ou parcial do veículo, a região de Parelheiros apresentou ocorrência média estimada por indivíduo segurado 1,16 vezes maior do que em Pinheiros. Em contrapartida, no sinistro médio estimado por

indivíduo segurado que considera outras coberturas, como assistência 24h, foi 2,39 vezes maior em Pinheiros, quando comparado à Parelheiros.

Para a severidade média estimada, para os três tipos de sinistro considerados, as distribuições que melhor se ajustaram aos dados de Pinheiros, em grande parte, foram as de Burr e Weibull. Para os dados modelados de Parelheiros, houve certa oscilação entre as distribuições melhor ajustadas, sendo a Gamma, Burr e, principalmente, a distribuição de Weibull. Em relação ao sinistro médio estimado de roubo e furto, Pinheiros apresenta severidade de sinistro individual média estimada em R\$ 28.324,13, enquanto Parelheiros, de R\$ 22.228,13. Essa diferença é de cerca de 27% entre as duas regiões. Entretanto, para os sinistros individuais de colisão com perda total ou parcial e outras coberturas, Parelheiros apresentou severidade média estimada maior do que Pinheiros. Para colisão com perda total ou parcial, Parelheiros apresentou severidade média estimada de R\$ 25.931,87, contra R\$ 9.627,71 em Pinheiros. Para outras coberturas, Parelheiros apresentou severidade média estimada de R\$ 213,36, enquanto Pinheiros apresentou severidade média estimada de R\$ 114,78.

A partir os parâmetros estimados das distribuições utilizadas para modelar as variáveis frequência e severidade, foi possível estimar distribuições convolutas do sinistro individual de cada segurado para os três tipos de sinistro analisados. Essas distribuições forneceram estimativas do prêmio puro médio individual para cada região e tipo de sinistro individual estudado, além dos respectivos quantis sob as probabilidades de 95%, 99%, 99,9% e 99,99%. Importante observar, que para os sinistros tipo roubo e furto e colisão com perda parcial e total, seus prêmios puros estimados para ambas as regiões estiveram associados a quantis com probabilidades maiores que 95%, em todos os semestres analisados. Para outras coberturas, os prêmios puros estimados estiveram associados a quantis com probabilidade mínima de 80%. Esses quantis associados aos prêmios puros estimados, descrevem distribuições convolutas de sinistros individuais estimadas com elevada assimetria positiva, tal que a probabilidade de ocorrência de valores observados menores que o prêmio puro estimado é bastante reduzido, de modo que a utilização de uma margem de segurança para o prêmio puro não precisa ser utilizada para sinistros como roubo, furto, colisão com perda parcial e total. Talvez uma pequena margem de segurança para o sinistro de outras coberturas poderia ser utilizada de modo que o prêmio cobrado estivesse associado ao quantil com probabilidade de 95%.

Em relação ao prêmio médio estimado para o sinistro individual de roubo e furto, Pinheiros apresenta prêmio puro médio estimado de R\$ 138,58, e Parelheiros, R\$ 339,74, sendo, portanto, mais do que o dobro do prêmio puro médio estimado de Pinheiros. Para o sinistro individual de colisão com perda total ou parcial, Pinheiros apresentou prêmio médio

estimado individual de R\$ 316,19, enquanto Parelheiros apresentou prêmio médio estimado individual de R\$ 276,54. Para outras coberturas, Pinheiros apresentou prêmio puro médio estimado de R\$ 34,76, contra R\$ 58,94 em Parelheiros.

É interessante observar que, para a cobertura contra roubo e furto, Parelheiros apresenta prêmio puro médio estimado para o sinistro individual bem superior ao de Pinheiros. Apesar de a severidade média estimada para o sinistro individual de roubo e furto em Parelheiros ser menor do que em Pinheiros, a frequência de ocorrência desse tipo de sinistro é bastante maior, que pode ser o elemento determinante para a um maior prêmio puro médio estimado para a região de Parelheiros.

Essas informações revelam pontos importantes a serem considerados, sobretudo no contexto socioeconômico. Um deles se baseia no número de ocorrências médio estimado de sinistros individuais em Parelheiros maior do que em Pinheiros, podendo ser causada, entre outros fatores, pela condição social e econômica da região, historicamente periférica e com menor acesso às políticas públicas de segurança e integração social. Esse fator pode ser um desestimulante à demanda de seguro auto popular na região de Parelheiros, em razão da necessidade de cobrança de prêmios maiores para coberturas de sinistros de roubo e furto, podendo se estender para outras regiões periféricas da cidade de São Paulo.

Portanto, analisado sob a ótica de Pinheiros e Parelheiros, ações interessantes poderiam surgir da iniciativa pública, como políticas de segurança, renda e trabalho para as regiões periféricas da cidade, não se limitando a Parelheiros, para que seja possível, e viável atuarial e economicamente, a oferta de seguro auto popular à mais indivíduos da cidade de São Paulo, permitindo, assim, a expansão e desenvolvimento do mercado segurador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, Gustavo Henrique de. *Seguros, Matemática Atuarial e Financeira*. São Paulo: Editora Saraiva, 2008.

CNSP - Conselho Nacional de Seguros Privados. Resolução CNSP nº 336, de 31 de março de 2016.

CNSP - Conselho Nacional de Seguros Privados. Resolução CNSP nº 244, de 6 de dezembro de 2011.

DAUDT, Gabriel; WILLCOX, Luiz Daniel. *Indústria Automotiva. Visão 2035: Brasil, país desenvolvido. Agendas setoriais para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018.

EMILIANO, Paulo César; VEIGA, Elayne Penha; VIVANCO, Mário Javier Ferrua; MENEZES, Fortunato Silva de. *Crítérios de Informação de Akaike versus Bayesiano: Análise Comparativa*. In: Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 19, 2010, São Paulo: IME – Unicamp, 2010.

FENSEG - Federação Nacional de Seguros Gerais. CNSEG - Confederação Nacional das Empresas de Seguros Gerais, Previdência Privada e Vida, Saúde Suplementar e Capitalização. *Glossário do Seguro*. 2019.

FERREIRA, Paulo Pereira. *Modelos de Precificação e Ruína para Seguros de Curto Prazo*. Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002.

GONÇALVES, André de Freitas; MAEDA, Marcos Toyotoshi. *IDH e a dinâmica intraurbana na cidade de São Paulo*. Territórios em números: insumos para políticas públicas a partir da análise do IDHM e do IVS de UDHs e regiões metropolitanas brasileiras. Brasília, 2017.

PACHECO, Ricardo. *Matemática Atuarial de Seguros de Danos*. São Paulo: Editora Atlas. 2014.

PARANAÍBA, Patrícia Ferreira. *Caracterização e extensões da distribuição Burr XII: propriedades e aplicações*. 2011. Tese de Doutorado: Estatística e Experimentação Agrônômica. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

PAULA, Renato Ricardo de. *Método de Monte Carlo e Aplicações*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Matemática com Ênfase em Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda, 2014.

SÃO PAULO. *Estatística aplicada à ecologia usando o R*. Apostila de Curso. Programa de Pós-Graduação Biologia Animal. Universidade Estadual de São Paulo.

SÃO PAULO. *A dinâmica do IDH-M e suas dimensões entre 2000 e 2010 no município de São Paulo*. Informe Urbano nº 29. 2017.

SÃO PAULO, Movimento Nossa São Paulo. *Indicadores Básicos da Cidade de São Paulo*. 2009.

SOUZA, Silney de. *Seguros: contabilidade, atuária e auditoria*. São Paulo: Editora Saraiva, 2007.

SUSEP - Superintendência de Seguros Privados. Circular SUSEP nº 269, de 30 de setembro de 2004.

SUSEP - Superintendência de Seguros Privados. Circular SUSEP nº 306, de 17 de novembro de 2005.

SUSEP - Superintendência de Seguros Privados. Sistema AUTOSEG. 2020.

Disponível em:

<https://www2.susep.gov.br/menuestatistica/Autoseg/DEFINICOES_AUTOSEG.pdf>.

Acesso em 29 de dezembro de 2020.

TAVARES, Juliana de Lima. *Estimação das distribuições de sinistros agregados do mercado segurador automotivo brasileiro pelo método de simulações de Monte Carlo*. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Atuariais) - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2018.

ZUUR, Alain F.; IENO, Elena N.; WALKER, Neil J.; SVELTIEV, Anatoly A.; SMITH, Graham M. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York: Springer, 2009.